ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 MAI 1911.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND GAUTIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les liaisons exprimées par des relations non linéaires entre les vitesses.* Note de M. P. Appell.

I. Imaginons un système à liaisons sans frottement, holonome ou non, dont le déplacement virtuel le plus général, compatible avec les liaisons, dépende *linéairement* des variations arbitraires

$$\delta q_1, \quad \delta q_2, \quad \ldots, \quad \delta q_k,$$

de k paramètres. Appelons $dq_1, dq_2, \ldots, dq_k$ les variations réelles de ces paramètres, pendant le temps dt, et posons

$$q_1' = \frac{dq_1}{dt}, \qquad q_2' = \frac{dq_2}{dt}, \qquad \ldots, \qquad q_k' = \frac{dq_k}{dt},$$
$$q_1'' = \frac{dq_1'}{dt}, \qquad q_2'' = \frac{dq_2'}{dt}, \qquad \ldots, \qquad q_k'' = \frac{dq_k'}{dt}.$$

Pour un déplacement virtuel compatible avec les liaisons, la somme des travaux des forces données est de la forme

$$Q_1 \delta q_1 + Q_2 \delta q_2 + \ldots + Q_k \delta q_k.$$

Les équations du mouvement peuvent alors s'obtenir par la méthode suivante, que j'ai indiquée dans les *Comptes rendus* des 7 et 28 août et du 11 septembre 1899.

Soit S l'énergie d'accélération du système

$$S = \frac{1}{2} \Sigma m (x''^2 + y''^2 + z''^2),$$

exprimée en fonction de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$; les équations du mouvement s'obtiennent en cherchant les valeurs de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$, qui rendent la fonction

$$R = S - Q_1 q''_1 - Q_2 q''_2 - \ldots - Q_k q''_k$$

minimum (¹).

Supposons maintenant qu'on ajoute aux liaisons précédentes une nouvelle liaison, sans frottement, de telle nature que les déplacements virtuels, compatibles avec cette liaison, soient définis par une relation

$$(1) \qquad f(\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_k) = 0,$$

f désignant une forme *homogène*, de degré n, de $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_k$. Admettons enfin que le déplacement réel doive vérifier la même relation :

$$f(dq_1, dq_2, \ldots, dq_k) = 0,$$

ou encore

$$(2) \qquad f(q'_1, q'_2, \ldots, q'_k) = 0.$$

En dérivant cette équation par rapport au temps, on a la relation

$$(3) \qquad \frac{\partial f}{\partial q'_1} q''_1 + \frac{\partial f}{\partial q'_2} q''_2 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial q'_k} q''_k + \frac{\partial f}{\partial q_1} q'_1 + \ldots + \frac{\partial f}{\partial t} = 0.$$

Nous pourrons alors poser ce principe, que le nouveau mouvement du système a lieu de telle façon que la fonction R de $q''_1, q''_2, \ldots, q''_k$ soit minimum, les q'' étant liés par la relation (3).

On a ainsi, en désignant par λ un multiplicateur auxiliaire, les équations du mouvement :

$$(4) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial S}{\partial q''_1} - Q_1 - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_1} = 0, \\ \dfrac{\partial S}{\partial q''_2} - Q_2 - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_2} = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \dfrac{\partial S}{\partial q''_k} - Q_k - \lambda \dfrac{\partial f}{\partial q'_k} = 0, \end{cases}$$

qui, jointes à (2), définissent $q_1, q_2, \ldots, q_k$ et λ en fonction de t.

Dans ces équations (4), les termes

$$\lambda \frac{\partial f}{\partial q'_1}, \quad \lambda \frac{\partial f}{\partial q'_2}, \quad \ldots, \quad \lambda \frac{\partial f}{\partial q'_k}$$

représentent l'effet de la force provenant de la nouvelle liaison.

(¹) Voyez mon *Traité de Mécanique*, t. II, n° 468.

Supposons les liaisons indépendantes du temps : le travail élémentaire de cette force de liaison, dans le déplacement réel, est alors

$$\lambda\left(\frac{\partial f}{\partial q'_1}q'_1+\frac{\partial f}{\partial q'_2}q'_2+\ldots+\frac{\partial f}{\partial q'_k}q'_k\right)dt,$$

ou, d'après le théorème des fonctions homogènes,

$$\lambda n f(q'_1, q'_2, \ldots, q'_k)\, dt,$$

c'est-à-dire *zéro*.

On pourra traiter de même le cas où il existerait plusieurs liaisons nouvelles de la forme (2).

Lorsqu'il existe des liaisons de cette nature spéciale, les conditions d'équilibre du système prennent une forme particulière que j'examinerai dans un Mémoire plus étendu. Ainsi, dans le cas où n est un entier positif *supérieur à* 1, et où la forme f est rationnelle et entière en $q'_1, q'_2, \ldots, q'_k$, si le système est en équilibre, les liaisons étant indépendantes du temps, les q' et les q'' sont *nuls*, et les équations (4) se réduisent à

$$Q_1=0,\qquad Q_2=0,\qquad \ldots,\qquad Q_k=0;$$

les termes en λ *disparaissent*, et les conditions d'équilibre sont les mêmes que si la liaison supplémentaire (2) n'existait pas.

II. Une méthode analogue peut s'appliquer à des liaisons plus générales, exprimées par des relations données, *de nature quelconque*, entre les paramètres q, leurs dérivées q' et le temps, non homogènes par rapport aux q'.

En présentant à l'Académie une Notice qu'il a rédigée « *Sur le nivellement des vallées des Alpes et sur le relevé et la publication des profils en long de cours d'eau* », M. **Ch. Lallemand** s'exprime ainsi :

« L'évaluation de l'énergie disponible dans un cours d'eau suppose la connaissance de deux facteurs, savoir: *le débit*, à l'étiage et en eau moyenne, et la *pente* ou hauteur de chute.

» Les débits se mesurent au moyen de jaugeages. Quant à l'appréciation des pentes, elle est subordonnée à la détermination préalable de l'altitude des points intéressants du profil. Les cartes actuelles étant par trop incomplètes, ou inexactes, pour fournir ces cotes avec une précision suffisante, une opération générale de nivellement apparaît, dès le début, comme l'une des conditions essentielles de toute étude hydrodynamique.

» Mais si la mesure des débits peut être, sans trop de difficultés, confiée aux agents locaux des Services publics, voire même à des industriels, la prompte création d'un vaste réseau de repères d'altitude, le long des cours d'eau de toutes catégories, exige, par contre, de puissants moyens d'action. Aussi, dès 1904, sur les propositions de MM. H. Tavernier et R. de la Brosse, ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées, chargés du recensement des forces hydrauliques dans les Alpes, le Ministre de l'Agriculture a-t-il demandé le concours du Service du Nivellement général de la France pour l'exécution des nivellements spéciaux dont il s'agit.

» Inaugurées en 1904, les opérations de terrain, depuis lors, se sont régulièrement poursuivies, chaque année, suivant un programme concerté entre les deux administrations. Ces travaux, toujours difficiles et souvent même dangereux, ont été exécutés sous la direction immédiate de M. E. Prévot, ingénieur des Ponts et Chaussées, adjoint au Directeur du Service du Nivellement général de la France, avec le concours de MM. Violon et Alépée, conducteurs; Gay, Morel et Guy, commis des Ponts et Chaussées, chefs des brigades d'opérations.

» A cette occasion, des études spéciales ont été faites sur la précision des nivellements éclimétriques : les résultats détaillés en seront publiés dans un Mémoire actuellement en préparation. La Notice que j'ai l'honneur de déposer sur le bureau contient seulement, avec un aperçu de ces recherches et une description sommaire des méthodes et des instruments employés, quelques indications sur le Nivellement général de la France, dans les mailles duquel s'encadrent les lignes complémentaires d'étude des forces hydrauliques. L'état d'avancement de ces lignes et la liste des profils publiés de cours d'eau sont indiqués en annexe. »

MINÉRALOGIE. — *Les matériaux des éruptions explosives rhyolitiques et trachytiques du volcan du Mont-Dore.* Note de MM. **A. Michel Lévy** et **A. Lacroix.**

Malgré la multiplicité des coulées et des filons de composition variée qui ont rendu célèbre le massif volcanique du Mont-Dore, la plus grande masse de celui-ci est constituée par des matériaux de projection; ils se présentent parfois avec leur disposition originelle, mais plus souvent ils ont été remaniés par le ruissellement superficiel ou par des phénomènes torrentiels violents.

Depuis longtemps, l'un de nous a montré (¹) que ces matériaux de projection, désignés sous le nom de *cinérites* à cause de la fréquence des lits de cendres fines, qui sont intercalés au milieu d'eux, devaient être divisés en deux séries successives : une cinérite supérieure, formant la plus grande partie du volcan, repose sur une cinérite inférieure recouvrant le granite aux environs de la Bourboule. Depuis lors, la grande extension vers l'Est de cette cinérite ancienne a pu être mise en évidence (²).

Le but de cette Note est de préciser le caractère de la cinérite supérieure et de montrer qu'on peut y reconnaître la trace d'au moins deux phases différentes de l'activité éruptive.

Phase des rhyolites. — La caractéristique minéralogique de la cinérite inférieure est de nature *rhyolitique*. Aux environs de la Bourboule, elle est remaniée ; les ponces blanches qui en constituent l'élément spécifique sont noyées, avec parfois des globules de perlite, dans une boue jaunâtre assez tenace, riche en fragments de granite, blocs de basalte, etc. Mais sur le flanc oriental du massif (Mareuges, Sailles, etc.), il existe des couches ponceuses incohérentes, formées essentiellement par des ponces et de la poussière ponceuse, avec du gravier granitique et des blocs ou fragments pierreux appartenant soit à des rhyolites sphérolitiques, soit à des trachytes souvent quartzifères, à comparer à celui (³) du funiculaire de la Bourboule. Ces ponces ont la même composition chimique que les rhyolites en coulées ; elles sont caractérisées par leur structure fibreuse, leur aspect soyeux et la rectilignité de leurs fibres atteignant toujours plusieurs centimètres de longueur. Elles sont à peu près exclusivement formées par du verre incolore.

Phase des ponces trachytiques. — La base de la cinérite supérieure est bien visible dans les vallées du Mont-Dore et surtout dans celle du ruisseau de Guéry. Elle aussi est d'ordinaire remaniée, bien qu'il existe également (route de Guéry) des masses épaisses non stratifiées, peu cohérentes, à peu près uniquement constituées par des ponces et comparables, au point de vue de leur disposition, aux agglomérations décrites plus haut. Les environs de Fougères, de la cascade de Queureuilh, la nouvelle route de Besse à la sortie du Mont-Dore, la route du lac de Guéry, les sentiers qui montent du Mont-Dore au Capucin et à Rigolet haut permettent d'étudier les diverses modalités du gisement de ces ponces : conglomérats boueux avec ponces

(¹) Michel Lévy, *Bull. de la Soc. géol. de France*, t. XVIII, 1890, p. 688.

(²) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 778.

(³) A. Michel Lévy et A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 1718.

disséminées, couches de ponces bien calibrées de dimensions variées, alternant avec lits de cendres fines bien stratifiées, etc. Aux environs de Fougères, se trouve notamment un conglomérat dans lequel les blocs de ponce atteignent la grosseur de la tête.

La caractéristique différentielle de ces ponces d'avec celles des rhyolites réside à la fois dans leur structure et dans leur composition chimique.

Elles sont *trachytiques;* elles ne sont pas fibreuses, mais boursouflées; leurs cavités ne sont pas cylindriques, mais irrégulières ou globuleuses : elles sont fragiles et tendres. L'examen microscopique y montre une très faible quantité de phénocristaux d'orthose, de biotite, d'augite de petites dimensions et des microlites filiformes d'orthose disséminés dans beaucoup de verre incolore.

Quant aux blocs de roches pierreuses associés à ces ponces et comparables à celles-ci au point de vue chimique, ils diffèrent aussi de ceux décrits plus haut dans les tufs rhyolitiques : ce sont des *trachytes à biotite* très leucocrates et des *trachytes phonolitiques* un peu augitiques; ces roches sont accompagnées par des blocs de basalte, d'andésite, de granite, etc.

Les analyses suivantes, faites par M. Pisani, à l'exception de la dernière due à M. Lassieur, mettent en évidence les analogies et les différences de composition chimique existant entre ces deux catégories de ponces :

	1° Ponces rhyolitiques.		2° Ponces trachytiques.			
	Sailles.	Ludières.	Rigolet.	Fougères.	Queureuilh.	Route de Guéry.
SiO^2	73,90	73,90	62,35	60,20	61,50	61,97
Al^2O^3	11,93	10,95	17,43	17,35	17,90	17,35
Fe^2O^3	0,15	0,08	1,56	1,76	0,86	1,41
FeO	1,87	1,06	0,81	0,82	1,44	0,78
MgO	0,13	1,08	0,95	0,79	0,53	tr.
CaO	0,34	1,58	1,77	0,98	1,29	1,45
Na^2O	4,10	4,08	3,22	3,50	3,20	2,49
K^2O	4,62	4,60	5,06	4,84	5,03	5,21
TiO^2	»	»	0,87	0,72	0,70	0,82
Perte au feu	4,00	3,35	6,50	8,70	7,50	8,30
	100,04	100,65	100,52	99,66	99,95	99,78

Ces roches se rapportent, dans la classification chimico-minéralogique, à la liparose (I. 4.1.3), ou à la toscanose (I. 4.2.3) [1].

---

[1] Il faut rapporter à ce même groupe des ponces, d'aspect identique, se trouvant à la Chaux-Saint-Dierry, et qui se rapportent au groupe très voisin de la *phlégrose*

Les paramètres magmatiques sont alcalino-granitiques, méga-potassiques, magnésiens, magnésiens-ferriques et méso-calciques.

Le magma qui a été émis par les éruptions de ces deux premières phases a dû venir de la profondeur très rapidement et à une haute température, de telle sorte que toute cristallisation intratellurique a été impossible (ponces rhyolitiques) ou à peine indiquée (ponces trachytiques). Dans le cas du magma rhyolitique, il y a eu production de coulées de même composition que les ponces, alors que dans celui du magma trachytique il ne semble pas y avoir eu épanchement, aucun des trachytes en coulée analysé ne répondant strictement à la composition chimique de ces ponces trachytiques.

Phase des trachytes et des trachy-andésites à grands cristaux. — Dans la partie centrale du massif, sur toutes les hauteurs du Sancy et des crêtes qui en descendent, les épaisses coulées de trachytes et de trachy-andésites sont accompagnées de matériaux projetés.

On n'y trouve plus de ponces proprement dites : ou bien, les explosions, qui ont été certainement vulcaniennes, n'ont rejeté que des fragments déjà consolidés et brisés en morceaux anguleux dont l'agglomération a formé les brèches très visibles au puy Ferrand et au Sancy; ou bien elles ont expulsé du magma encore visqueux, mais déjà très riche en phénocristaux et particulièrement en gros cristaux de sanidine, qui abondent aussi à l'état isolé au milieu des cendres (les Egravats, Riveau-Grand, etc.). Ces cendres contiennent du verre boursouflé plutôt que filé, à aspect souvent plus scoriacé que ponceux : il renferme ou non des microlites.

Quant aux blocs qui accompagnent ces matériaux incohérents, ils sont presque exclusivement constitués par le trachyte ou la trachy-andésite des coulées avoisinantes.

A l'inverse de ce qui a eu lieu dans les phases précédentes, le magma de la dernière phase trachytique a subi une lente élaboration en profondeur, qui a permis d'abondantes cristallisations intratelluriques d'orthose : à ce point de vue, il n'y a pas de différence entre les matériaux de projection à pâte vitreuse et les portions de magma épanchées sous forme de coulées épaisses dans lesquelles la pâte a pu prendre une structure assez cristalline. Au point de vue chimico-minéralogique, ces matériaux appartiennent à la *pulaskose* (I.5.2.3) ou à l'*akérose* (II.5.2.4); les diffé-

---

(I.5.1.3) : elles sont accompagnées par des blocs de trachytes phonolitiques se distinguant de ceux des tufs précédents par la présence de phénocristaux d'haüyne (voir l'analyse *in* A. Lacroix, *op. cit.*, 1908).

rences de structure et de composition minéralogique que les portions ponceuses présentent avec les ponces trachytiques de la phase précédente, sont dues beaucoup plutôt à la façon dont le magma est venu au jour qu'à sa composition intrinsèque.

L'évidence du caractère vulcanien de cette phase de l'activité du volcan est mise en évidence par les accumulations de cendres et de blocs non stratifiés, accompagnés de petites bombes en croûte de pain qui se rencontrent dans les hauteurs de Riveau-Grand; elles présentent exactement la même disposition que les brèches d'avalanches sèches du Vésuve en 1906.

Rappelons en terminant qu'au point de vue chimique il convient de faire ressortir que la moyenne des éruptions du Mont-Dore est syénitique, mésopotassique, magnésienne-ferrique et méso-calcique.

CHIMIE AGRICOLE. — *Les phénomènes d'épuration des eaux d'égout par le sol et par les lits bactériens.* Note de MM. **A. Müntz** et **E. Lainé**.

Les deux modes d'épuration des eaux résiduaires, celui par l'épandage sur les terres et celui par le passage sur des lits bactériens constitués artificiellement, sont regardés comme ayant un processus identique, avec cette seule différence que l'action épurante est exaltée sur les derniers, qui, sur une surface très restreinte, conduisent à un résultat analogue à celui pour lequel il faudrait de grandes surfaces de terrains.

C'est à la nitrification proprement dite des matières azotées, principales causes d'infection, qu'on était porté à attribuer la part prépondérante, sinon exclusive, dans le processus de l'épuration.

Dans une Note récente (¹), nous avons montré que, tout au moins dans les lits bactériens, c'est à des faits de combustion directe, produits par les microorganismes banaux de la destruction de la matière organique, que revient la principale part dans l'épuration, et que la nitrification ne se place qu'au second plan.

En est-il de même dans la terre, et l'assimilation de ces deux modes d'épuration est-elle exacte?

Nous avons pensé que cette question ne pouvait être résolue que par l'expérimentation directe et, en raison de l'importance qu'elle présente, tant au point de vue philosophique qu'à celui de l'application aux faits cultu-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. **142**, p. 822.

raux, nous n'avons pas hésité à entreprendre de laborieuses et délicates recherches pour comparer l'épuration biologique à l'épuration par la terre.

Étant bien fixés, par de nombreuses observations toutes concordantes, sur le processus de l'épuration sur les lits bactériens, nous avons entrepris sur la terre une série de recherches analogues, en nous plaçant dans les conditions de l'épandage agricole.

Le problème à résoudre nous a paru devoir se circonscrire aux transformations de l'azote, qui constituent le fait essentiel et le plus saillant des fonctions épurantes et qui en mesurent l'intensité. Ayant démontré que sur les lits bactériens l'azote se dégageait en majeure partie à l'état gazeux par une combustion directe et se transformait en moindre partie en azotates par la nitrification, nous avons cherché si dans la terre il en était également ainsi.

Voici le mode opératoire que nous avons adopté :

Dans de grandes caisses en tôle galvanisée, de 1^m de hauteur, nous avons placé des poids rigoureusement connus d'une terre franche, assez perméable, se prêtant bien à l'épandage et à l'épuration. Cette terre restait nue, c'est-à-dire sans végétation. L'azote y était dosé au préalable avec la plus grande précision réalisable. Puis, l'arrosage y était fait toutes les semaines, dans les conditions de la pratique agricole, avec une quantité d'eau d'égout correspondant à 40000^{m^3} par an et par hectare.

L'eau d'égout introduite et l'eau de drainage recueillie étaient soigneusement analysées, particulièrement au point de vue de leur teneur en azote.

A la fin de l'expérience, qui a été poursuivie régulièrement pendant 6 mois et demi, on déterminait de nouveau, avec les mêmes précautions, la proportion d'azote dans la terre. On avait ainsi tous les éléments pour déterminer les formes des transformations de l'azote et, en particulier, si le fait de sa déperdition se produisait comme sur les lits bactériens, en un mot pour savoir si l'épuration dans la terre était essentiellement une nitrification ou si d'autres fonctions intervenaient activement. Mais ce qui rendait ces recherches particulièrement difficiles, c'était la détermination rigoureuse de l'azote dans la terre. Cette dernière, en effet, apportait une masse d'azote énorme, comparativement à celle que l'eau d'égout fournissait elle-même. Les moindres erreurs dans l'analyse de la terre se reportaient donc sur les chiffres qu'on cherchait à dégager et pouvaient en altérer le sens. Déjà, M. Th. Schlœsing fils s'était trouvé en présence de difficultés analogues, dans ses belles recherches sur la fixation de l'azote libre par les plantes [1].

Les difficultés que nous avions à vaincre étaient plus grandes encore, à cause de la quantité de terre que nous avions à mettre en œuvre. Ne pou-

---

[1] *Annales de l'Institut Pasteur*, 1892, p. 65.

vant opérer, pour la détermination analytique, que sur un poids réduit de terre (vers 50^g en général), nous étions obligés de multiplier le résultat analytique par un chiffre très élevé, soit environ 10000, puisque nous opérions sur plus de 500^{kg} de terre, les erreurs d'analyse se trouvaient multipliées par 10000 également et pouvaient être du même ordre de grandeur que les différences que nous cherchions à constater.

Une cause d'erreur des plus grandes est le manque d'homogénéité des terres; celles-ci sont constituées par des éléments hétérogènes, particules de dimensions très différentes, depuis les sables grossiers, jusqu'aux matières impalpables, débris organiques de toutes les dimensions.

Il est impossible d'opérer un mélange parfait de ces matériaux, puisque ceux-ci se séparent au plus petit choc, les éléments fins se réunissant d'un côté, les éléments grossiers de l'autre, les débris organiques se concentrant dans les couches supérieures. Comment prélever un échantillon moyen, représentant l'ensemble de la masse en expérience, dans ce milieu dont les particules se séparent d'autant plus qu'on cherche à les répartir plus uniformément. Nous y avons vu une impossibilité absolue en opérant sur la terre sèche, comme on l'a toujours fait. Mais nous avons pu surmonter cette difficulté majeure en manipulant non la terre sèche, mais la terre suffisamment humidifiée pour que toutes ses parties restent agglomérées et ne se séparent plus; on peut alors rendre le mélange intime par un malaxage prolongé et obtenir une homogénéité parfaite de l'ensemble de la masse en expérience.

C'est sur ce lot humide qu'on prend le poids de matière nécessaire à l'analyse. On le dessèche avant de l'introduire dans le tube à combustion.

La terre étant assez riche en azote, on ne pouvait opérer que sur un poids voisin de 50^g, la combustion se faisait, avec une grande lenteur, dans un long tube en verre d'Iéna. L'azote recueilli était rigoureusement mesuré et examiné au point de vue de sa pureté. Les grandes précautions prises permettaient une précision suffisante pour la solution du problème cherché.

Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats obtenus dans deux bacs identiques, remplis de quantités égales de la même terre :

	Bac n° 1.	Bac n° 2.
Poids de terre sèche	535^{kg},47	536^{kg},208
Azote calculé d'après les dosages	668^g,266	664^g,362
Moyenne de l'azote par bac	666^g,314	

L'écart entre les résultats trouvés est de 3^g,904 sur une quantité moyenne de 666^g,314, soit de 0,58 pour 100 de l'azote total, chiffre que nous regardons comme la limite d'erreur possible au cours de nos opérations.

L'un des bacs a reçu, dans l'espace de 6 mois et demi, 1206^{l},52 d'eau d'égout qui ont apporté à la terre :

Azote ammoniacal		26^{g},078	Azote total...	67^{g},388
Azote organique	en solution	9,238		
	en suspension	31,189		
Azote nitrique		0,883		
Azote apporté par 298^{l} d'eau de pluie				0^{g},298

On a recueilli 1217^{l},03 d'eau de drainage qui contenaient :

Azote ammoniacal	0^{g},0487	Azote total...	50^{g},8384
» organique	3,7112		
» nitrique	47,0785		

A la fin de l'expérience, la terre a été analysée comme elle l'avait été au début. Nous avions donc tous les éléments pour faire le bilan de l'azote, qui s'établit comme suit :

Azote apporté.		Azote retrouvé.	
Par la terre	664^{g},362	Dans la terre	670^{g},182
Par l'eau d'égout	67,388	Dans l'eau de drainage.	50,838
Par l'eau de pluie	0,298		
Totaux	732,048		721,020

Nous avons donc une perte d'azote de 11^{g},028, perte manifeste et bien supérieure aux erreurs possibles; elle est de 1,52 pour 100 de l'azote total mis en œuvre.

Pour le bac qui n'a pas reçu d'eau d'égout, le bilan s'établit comme suit :

Azote apporté.		Azote retrouvé.	
Par la terre	668^{g},266	Dans la terre	658^{g},207
Par les eaux pluviales..	0,298	Dans l'eau de drainage.	10,543
Totaux	668,564		668,750
	Gain d'azote	0^{g},186	

On voit donc que la terre non arrosée d'eau d'égout n'a ni gagné, ni perdu d'azote, car la faible différence trouvée est inférieure aux erreurs possibles.

Ceci montre que ce n'est pas l'azote de la terre qui s'est déperdu à l'état gazeux dans le cours de l'arrosage, mais bien celui de l'eau d'égout et si nous rapportons les 11^{g},028 de perte d'azote aux 67^{g},388 apportés par l'eau

d'égout, c'est 16,36 pour 100 de cet azote qui ont été éliminés au cours de l'arrosage de la terre, tandis que sur les lits bactériens c'est environ 60 pour 100 d'azote qui s'éliminent à l'état gazeux.

Les deux modes d'épuration, par les lits bactériens et par l'épandage agricole, diffèrent donc considérablement. Dans le premier, l'action des organismes habituels de combustion de la matière organique est prépondérante; la nitrification est un phénomène secondaire. Dans la terre, au contraire, la nitrification est prédominante de beaucoup et l'action, sur les composés azotés, des vulgaires organismes de destruction de la matière organique est extrêmement réduite.

La terre constitue donc un milieu nitrificateur incomparablement supérieur aux lits bactériens artificiels et l'allure générale du phénomène est tout autre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates des fluorures de rubidium et de cæsium.* Note de M. DE FORCRAND.

I. *Fluorure de rubidium.* — La dissolution saturée tiède laisse déposer, par refroidissement, des cristaux en aiguilles transparentes. Les eaux mères, vers $+18^\circ$, ont alors pour composition : $RbF + 4,44\,H^2O$. Les cristaux, étalés sur des lames de platine placées sous cloche sèche, forment peu à peu une masse dure, translucide, qu'il faut couper en fragments pour activer la dessiccation. Lorsque celle-ci est complète, la matière ne présente que quelques points blancs d'efflorescence, même si l'on dessèche avec la neige phosphorique, mais à la pression ordinaire. La composition de cet hydrate est : $RbF + 1,5\,H^2O$ (ou $2RbF + 3H^2O$). Il fond à $+36^\circ$.

Sa chaleur de dissolution, à $+15^\circ$, rapportée à RbF, est de $-0^{Cal},62$.

Ce composé, très hygroscopique, est réduit en poudre et abandonné dans une cloche en présence de neige phosphorique, *dans le vide*. L'efflorescence se produit alors, la poudre devient tout à fait blanche, mais la déshydratation se poursuit lentement, et il faut plusieurs semaines pour qu'on arrive à une limite, laquelle correspond à un nouvel hydrate : $RbF + \frac{1}{3}H^2O$ (ou $3RbF + H^2O$). Il m'a semblé que la déshydratation s'effectuait sans arrêt, et que, par suite, il n'y a pas de composé intermédiaire.

La chaleur de dissolution, à $+15^\circ$, de ce second hydrate est de $+3^{Cal},76$, rapportée à RbF. Il est extraordinairement avide d'eau.

II. *Fluorure de cæsium.* — La dissolution de ce sel, concentrée à froid jusqu'à ce que son volume ne diminue plus, peut rester longtemps dans cet état, à l'abri de l'air humide. Mais si l'on vient à agiter le liquide sirupeux, il se prend en une masse de cristaux translucides ne donnant que très peu d'eaux mères. On recueille et l'on dessèche les cristaux comme ceux du $RbF + 1{,}5H^2O$ auxquels ils ressemblent tout à fait. L'eau mère, à $+18°$, a pour composition : $CsF + 2{,}3H^2O$; les cristaux sont, comme dans le cas du rubidium : $CsF + 1{,}5H^2O$. Leur chaleur de dissolution, à $+15°$, rapportée à CsF, est de $+0^{Cal},99$ [1].

Cet hydrate, très avide d'eau, est abandonné ensuite sous cloche, *dans le vide*, en présence de neige phosphorique, qu'on doit renouveler fréquemment. Il perd peu à peu de l'eau, et la composition du produit se fixe, au bout de quelques semaines, à la limite $CsF + \frac{2}{3}H^2O$, soit : $3CsF + 2H^2O$.

Ainsi la limite n'est pas la même pour le fluorure de rubidium et pour celui de cæsium : $\frac{1}{3}$ de H^2O dans le premier cas, $\frac{2}{3}$ dans le second.

Ces composés étant très avides d'eau, on ne peut guère les manier à l'air et les peser commodément; on s'assure que la limite est atteinte lorsque la neige phosphorique récente ne change plus du tout d'aspect, même au bout de plusieurs jours.

La chaleur de dissolution de $CsF + \frac{2}{3}H^2O$, rapportée à CsF, est de $+4^{Cal},23$ à $+15°$.

Il est d'ailleurs certain qu'il n'y a pas d'hydrate intermédiaire, car un produit ayant pour composition : $CsF + 1H^2O$ environ, m'a donné la même chaleur de dissolution qu'un mélange des deux hydrates.

III. *Résumé.* — Ces résultats peuvent être présentés dans le Tableau ci-après, où j'ai fait figurer, à titre de comparaison, les nombres obtenus précédemment pour le fluorure de potassium.

On voit tout de suite que la stabilité des hydrates va en augmentant de K à Cs, et comme celle des hydrates de fluorure de potassium est assez faible, il est bien peu probable que le fluorure de sodium puisse s'hydrater.

On constate en outre que, dans cette *triade* : K, Rb, Cs, nous ne retrouvons plus cette régularité dans les variations des propriétés, qui était si frappante à beaucoup d'autres points de vue et autorisait à penser que les

---

[1] Je n'ai pu déterminer sa température de fusion, qui est plus élevée que celle de l'hydrate à $1{,}5H^2O$ du fluorure de rubidium, parce que, chauffé au-dessus de 50°, il attaque le verre.

caractères des combinaisons du rubidium pouvaient se déduire par un simple calcul de moyenne.

Ici le potassium est tout à fait à part, par la composition des hydrates de fluorure et par leur stabilité faible; le rubidium et le cæsium sont aussi voisins que possible. On remarquera notamment que la stabilité (et par suite la température d'ébullition) des deux hydrates successifs de RbF et CsF est presque exactement la même :

	KF.	RbF.	CsF.
Composition de la dissolution aqueuse saturée	$KF + 5,76\,H^2O$ (¹) $KF + 3,90\,H^2O$ (¹)	$RbF + 4,44\,H^2O$ (²)	$CsF + 2,30\,H^2O$ (²)
Chaleur de dissolution du sel anhydre	$+4^{Cal},10$	$+5^{Cal},80$	$+8^{Cal},37$
Formules des deux hydrates successifs	$KF + 2\,H^2O$ $KF + 4\,H^2O$	$RbF + \frac{1}{3}\,H^2O$ $RbF + 1,5\,H^2O$	$CsF + \frac{2}{3}\,H^2O$ $CsF + 1,5\,H^2O$
Chaleur de dissolution de l'hydrate le moins hydraté	$-2^{Cal},14$	$+3^{Cal},76$	$+4^{Cal},23$
Chaleur de dissolution de l'hydrate le plus hydraté	$-6^{Cal},16$	$-0^{Cal},62$	$+0^{Cal},99$
Chaleur dégagée par la fixation d'une molécule d'eau solide.			
a. Sur le sel anhydre pour donner l'hydrate le moins hydraté	$+1^{Cal},69$	$+4^{Cal},69$	$+4^{Cal},79$
b. Sur l'hydrate le moins hydraté pour donner l'autre hydrate	$+0^{Cal},58$	$+2^{Cal},35$	$+2^{Cal},46$
Température de dissociation, en degrés centigrades.			
a. De l'hydrate le moins hydraté.	+157	+256	+260
b. De l'hydrate le plus hydraté.	+119	+178	+182

Pour chacun des deux fluorures la stabilité des deux hydrates varie dans le même rapport : 4,69 à 2,35 et 4,79 à 2,46.

Les nombres obtenus expliquent bien que les hydrates de fluorure de potassium s'effleurissent complètement et donnent le sel anhydre dans le vide sec, à froid. Les hydrates : $RbF + 1,5\,H^2O$ et $CsF + 1,5\,H^2O$ ne perdent de l'eau que très lentement par l'action prolongée du vide, en présence de neige phosphorique, et ils donnent des hydrates inférieurs qui ne s'altèrent pas sensiblement dans ces conditions; pour avoir ces deux der-

(¹) Suivant que les cristaux qui se déposent sont à 4 ou 2 H^2O.

(²) En présence de cristaux à 1,5 H^2O.

niers fluorures anhydres il faut chauffer vers 180° à 200° dans un courant d'hydrogène sec.

Déjà plusieurs fois, et toujours à propos de l'hydratation de leurs combinaisons, j'ai signalé que l'un de ces métaux s'écarte un peu des deux autres; ainsi les carbonates neutres de potassium et de rubidium fournissent un hydrure à $1,5 H^2O$, et celui de cæsium une combinaison à $3,5 H^2O$; de même les deux premières bases forment un bihydrate : $Rb OH, 2H^2O$ et $KOH, 2H^2O$, tandis que la cæsine n'en donne pas. Ainsi, au point de vue de l'hydratation de ses combinaisons, le rubidium se rapproche tantôt du potassium, tantôt du cæsium, et ses propriétés ne sont plus exactement intermédiaires.

J'ai entrepris un travail du même genre, et qui conduit à des résultats analogues sur les fluorhydrates de fluorures alcalins.

Au sujet de ces recherches, je signalerai quelques précautions à prendre pour effectuer le dosage de ces métaux alcalins à l'état de sulfates, par l'action d'un excès d'acide sulfurique et calcination. Il y a certaines causes d'erreur qu'il faut connaître. Le sulfate de potassium, qui fond à 1060°, peut être porté sans danger à la température donnée par la *lampe d'émailleur* de nos laboratoires; dans ces conditions sa volatilité est inappréciable, et il est utile de le faire fondre complètement pour détruire les dernières traces du bisulfate. Le sulfate de cæsium, qui fond vers 1000°, ne supporte pas cette épreuve et se volatilise sensiblement à la lampe d'émailleur; le mieux est de chauffer seulement vers 1000°, au moyen d'un bec Bunsen; au bout de 5 minutes (pour un poids de matière de quelques décigrammes) le bisulfate est à peu près détruit; on pèse et on chauffe de nouveau pendant 5 minutes; la seconde pesée accuse une différence de poids presque insignifiante; une troisième opération donne exactement le même poids; ce qui prouve qu'à 1000° le sulfate neutre n'est pas volatil. On s'assure d'ailleurs que le produit final est complètement neutre à la phtaléine. Il doit former un enduit blanc, boursouflé, fondu seulement sur les bords de la capsule et par place.

Pour le rubidium, dont le sulfate neutre a une fusibilité intermédiaire (entre 1060° et 1000°) et qui se volatilise aussi un peu à la lampe d'émailleur, il est prudent d'opérer comme pour le cæsium.

J'ajoute que le sulfate neutre de cæsium est un peu hygroscopique; par des temps très humides il est même tout à fait déliquescent; on doit donc le peser rapidement. Cette dernière cause d'erreur n'existe pas pour les deux autres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la décomposition catalytique de l'acide formique.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **A. Mailhe.**

L'étude de l'éthérification directe des acides forméniques par catalyse sur certains oxydes [1] nous a conduits à étudier le dédoublement catalytique de l'acide formique.

Les faits déjà connus sur sa décomposition et les analogies indiquent que ce dédoublement pourra s'effectuer selon trois réactions distinctes :

(1) $$HCO^2H = CO^2 + H^2,$$

(2) $$HCO^2H = CO + H^2O,$$

(3) $$2(HCO^2H) = \underbrace{HCOH}_{\text{Méthanal.}} + CO^2 + H^2O.$$

La réaction (1) est réalisée à froid par le noir de rhodium, ou au-dessus de 175° par la mousse de platine.

La réaction (2), qui est une déshydratation, est accomplie facilement par les matières avides d'eau (acide sulfurique au-dessous de 100°, acide oxalique sec au-dessus de 105°, etc.).

Quant à la réaction (3), elle est semblable à celle qui fournit les cétones symétriques à partir des acides forméniques. La calcination du formiate de calcium fournissant effectivement du méthanal, on peut prévoir que certains oxydes catalyseurs conduiront au même résultat.

La présence d'un catalyseur déterminé aura pour effet d'orienter le dédoublement de l'acide formique, soit dans un sens unique, soit à la fois dans plusieurs sens, tout en abaissant la température du dédoublement.

Nous avons opéré sur un débit d'acide formique d'environ $0^g,27$ par minute. Les vapeurs d'acide étaient dirigées sur une traînée de $0^m,50$ du catalyseur, disposée dans un tube horizontal en verre d'Iéna, chauffé à température connue.

Les divers résultats observés successivement avec les substances étudiées, seront indiqués ultérieurement dans une publication plus étendue. Nous nous bornons à en extraire un petit nombre, permettant de dégager quelques conclusions générales [2].

---

[1] Paul Sabatier et A. Mailhe, *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 1044.

[2] Il est impossible de savoir quelle serait la nature du dédoublement effectué par la chaleur seule en l'absence de toute matière catalysante, puisque nous avons reconnu que les diverses substances formant les vases où l'on opère, verres, porcelaines, ou métaux, possèdent toutes une activité catalytique plus ou moins marquée.

Les catalyseurs étudiés (métaux divisés et oxydes) peuvent être rangés dans trois groupes distincts.

1° *Catalyseurs déshydrogénants*. — Ce sont ceux qui fournissent, exclusivement ou à peu près, la réaction (1), sans doute parce qu'ils donnent lieu à une combinaison temporaire avec l'un des produits du dédoublement, hydrogène et anhydride carbonique. Le *palladium* (mousse) agit déjà à 110°, et, à 245°, produit une destruction totale de l'acide.

Le *platine* (mousse) dédouble à partir de 120°; la destruction est totale à 215°.

Le *cuivre* réduit (léger) dégage par minute à 190° : 278^{cm^3} de gaz.

Le *nickel* réduit dégage par minute à 280° : 290^{cm^3} de gaz.

Le *cadmium* réduit dégage par minute à 280° : 325^{cm^3} de gaz.

L'*oxyde de zinc* commence son action vers 190°; à 230°, il dégage 192^{cm^3} de gaz par minute.

L'*oxyde stanneux* agit au-dessus de 150°; à 285°, il dégage 172^{cm^3} de gaz et se trouve lentement réduit en petits globules d'étain.

La formation accessoire de méthanal [réaction (3)] est très faible, surtout avec les métaux.

2° *Catalyseurs déshydratants*. — La réaction (2) est fournie exclusivement au-dessus de 170° par l'*oxyde titanique* TiO^2, qui, à 320°, donne, par minute, 180^{cm^3} d'oxyde de carbone sensiblement pur. Il en est de même avec l'*oxyde bleu de tungstène* Tu^2O^5.

La réaction est dirigée dans le même sens, mais avec une certaine intervention de la réaction (3), production de méthanal corrélative de la présence d'anhydride carbonique *sans hydrogène*, par la *silice*, la *zircone*, l'*alumine*, l'*oxyde uraneux* UO^2.

Avec l'alumine, le dédoublement qui commence vers 235°, fournit de l'oxyde de carbone renfermant 6 pour 100 d'anhydride carbonique. A 340°, le dégagement atteint par minute 192^{cm^3}, mais le gaz contient alors un peu d'hydrogène provenant de la destruction partielle du méthanal.

Ce dernier est fourni plus abondamment encore par l'oxyde uraneux, qui, à 230°, donne un gaz renfermant 14 pour 100 d'anhydride carbonique, sans hydrogène.

3° *Catalyseurs mixtes*. — Ce sont ceux, les plus nombreux de tous, où les trois réactions (1), (2) et (3) sont produites à la fois.

C'est ce qui a lieu, par exemple, avec l'*oxyde de thorium*. Le dédouble-

ment, manifesté par un dégagement gazeux, commence vers 230°; il est encore très lent à 150°, et fournit un gaz qui contient pour 100 volumes :

Oxyde de carbone	75^{vol}
Anhydride carbonique	15
Hydrogène	10

Le liquide condensé renferme du méthanal. Ces nombres montrent que sur 100 molécules d'acide dédoublées, 79 ont subi la réaction (2), les 21 autres ayant, par moitié, subi la réaction (1) et la réaction (3).

L'élévation de température modifie les conditions du dédoublement, qui s'accélère de plus en plus. A 320°, le dégagement atteint 120^{cm^3} par minute : la proportion d'anhydride carbonique est devenue bien plus forte (45 pour 100). Le liquide condensé contient une proportion notable de *méthylal*, qui résulte d'une formation secondaire d'*alcool méthylique*, déjà signalée par divers auteurs dans les produits de calcination du formiate de calcium :

$$\underbrace{HCO^2H}_{\text{acide formique}} + \underbrace{HCOH}_{\text{méthanal}} = CO^2 + \underbrace{CH^3OH}_{\text{méthanol}}.$$

L'importance de cette production d'alcool méthylique s'accroît au-dessus de 350°, et comme le méthanal est alors partiellement dédoublé en oxyde de carbone et hydrogène, la proportion de ce dernier gaz s'accroît dans le mélange gazeux, où, au contraire, celle d'anhydride carbonique s'abaisse. A 375°, on obtient, par minute, 144^{cm^3} de gaz ayant seulement pour 100, 35^{vol} d'anhydride carbonique. Le liquide recueilli distille à partir de 80° : les premières portions chauffées avec un mélange d'acide borique et d'acide sulfurique fournissent des vapeurs qui brûlent avec une belle flamme verte, réaction caractéristique de la présence d'alcool.

Pour certains catalyseurs mixtes, la réaction (1) prédomine : c'est ce qui a lieu pour l'*oxyde bleu de molybdène* Mo^2O^5, la *chaux*, l'*oxyde ferreux*, et aussi le *verre d'Iéna*. Un tube vide en verre d'Iéna ne fournit au-dessous de 300° qu'une destruction négligeable; à 340°, on recueille par minute $2^{\text{cm}^3},6$ de gaz, renfermant quelques centièmes d'oxyde de carbone. La réaction (1) domine beaucoup.

Les deux réactions (1) et (2) ont à peu près la même importance pour le *verre blanc ordinaire*.

La réaction (2) de déshydratation est au contraire dominante, comme l'indique la proportion d'anhydride carbonique inférieure à 33 pour 100,

avec un assez grand nombre de substances d'activités absolues, d'ailleurs très inégales, savoir :

Ponce pulvérisée	à 340° dégage	4$^{cm^3}$	par minute.
Magnésie	—	10	—
Charbon de bois léger	—	95	—
Oxyde chromique	—	150	—
Oxyde noir de vanadium	—	215	—
Oxyde manganeux	—	225	—
Oxyde de glucinium	—	250	—

La réaction (3) existe toujours plus ou moins dans ces divers cas.

On voit que le dédoublement catalytique de l'acide formique est, à des températures identiques, dirigé dans des sens absolument différents selon la nature du catalyseur. Un tel résultat ne peut se concilier avec l'idée qu'un catalyseur aurait seulement pour effet d'abaisser la température d'une réaction qu'accomplirait la chaleur seule. La nature chimique du catalyseur exerce une action décisive dont on ne peut guère trouver l'explication que dans des combinaisons temporaires, quoiqu'il puisse être, dans certains cas, difficile d'en préciser la vraie nature.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'origine du carbone assimilé par les plantes.* Note de M. L. CAILLETET.

On admet généralement que les plantes à chlorophylle décomposent l'acide carbonique de l'air, sous l'influence de la lumière, en rejetant l'oxygène et en fixant le carbone qui concourt à leur développement. Cette dissociation nécessite sinon l'action directe des rayons solaires, au moins une lumière diffuse, dont l'intensité semble varier avec les diverses plantes en expérience.

Nous voyons cependant un grand nombre de végétaux vivre dans des milieux peu éclairés où, la respiration l'emportant sur la décomposition de l'acide carbonique, il n'y a pas de dégagement d'oxygène [1].

---

[1] M. Mazé, chef du Service de Chimie agricole à l'Institut Pasteur, a bien voulu répéter mes expériences à l'effet de les contrôler ; il a constaté, ainsi que je l'avais fait déjà, que les feuilles vertes d'*Aspidistra* placées dans un mélange d'air et d'acide carbonique, et exposées pendant 6 heures à une lumière diffuse plus vive que celle qui permet à ces plantes de végéter normalement, non seulement n'ont pas décomposé l'acide carbonique, mais ont absorbé environ un tiers de l'oxygène contenu dans le mélange gazeux.

Les Fougères qui croissent à l'ombre des forêts, les *Aspidistra* et diverses plantes dont nous ornons nos serres et nos habitations sont dans ce cas.

Alors même que ces végétaux décomposeraient un volume d'acide carbonique assez faible pour échapper à l'analyse, la quantité de carbone qui en proviendrait serait sans doute insuffisante pour assurer leur développement.

J'ai pu, grâce à l'obligeance de M. Costantin, professeur de Culture au Muséum, entreprendre dans une des serres tempérées du Jardin des Plantes, trois séries d'expériences dans le but de savoir : si des Fougères végétant dans un sol privé d'engrais organiques et placées dans un milieu faiblement éclairé, décomposent l'acide carbonique de l'air pour vivre et se développer.

A cet effet, j'ai planté des Fougères du genre *Adiantum* dans du sable siliceux préalablement calciné et mélangé à de la cendre provenant des mêmes Fougères. Les pots, au nombre de neuf pour chaque série, ont été placés sous les tablettes de la serre, où croissaient spontanément des *Adiantum* semblables à ceux de mes expériences, et cela dans une lumière sensiblement atténuée.

Les arrosages ont été faits avec de l'eau pure additionnée de faibles quantités de phosphate, de nitrate d'ammoniaque et de potasse. J'ai constaté, après quelques semaines, que les Fougères qui avaient d'abord végété, grâce sans doute à leurs propres réserves, sans donner de pousses nouvelles, se sont successivement desséchées, tandis que les *Adiantum témoins*, dans leur sol formé de terreau et de terre de bruyère, se sont amplement développés.

C'est donc dans les matières organiques renfermées dans le sol que ces végétaux puisent leur carbone, ainsi que le font certains champignons, qui, dans une obscurité absolue, vivent aux dépens des matières animales et végétales en voie de décomposition.

On sait déjà, par les expériences de M. Mazé, de M. Molliard et de plusieurs physiologistes, que les plantes peuvent absorber par leurs racines divers hydrocarbures et sans doute aussi les composés humiques renfermés dans le sol.

Les plantes à chlorophylle, sur lesquelles j'ai opéré, semblent donc, suivant les conditions d'éclairage, jouir de la propriété d'emprunter leur carbone soit à l'acide carbonique de l'air, soit aux engrais organiques contenus dans le sol, soit à ces deux sources à la fois.

C'est là un nouvel exemple d'une fonction qui peut s'accomplir chez les végétaux avec le concours de deux organes différents.

Ainsi, j'ai démontré autrefois que l'absorption de l'eau liquide peut se faire soit par les feuilles, soit par les racines, suivant les conditions où se trouvent les plantes soumises à expérience (¹).

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de deux membres qui seront chargés de la vérification des comptes de l'année 1910.

MM. **Zeiller** et **Deslandres**, réunissent la majorité absolue des suffrages.

NOMINATIONS.

MM. **A. Haller** et **H. Le Chatelier** sont désignés à M. le Ministre de l'Instruction publique pour représenter son Département au *Congrès international de Chimie appliquée*, qui se tiendra à Washington et à New-York, en septembre 1912.

M. le **Président du Comité d'organisation du Congrès du Millénaire Normand**, qui se tiendra à Rouen, du 6 au 10 juin 1911, invite l'Académie à s'y faire représenter par un ou plusieurs de ses Membres.

L'Académie délègue MM. **Labbé** et **Lecornu**.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui devra être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour la place d'Astronome titulaire, vacante à l'Observatoire de Paris par suite du décès de M. *Leveau*.

(¹) *Comptes rendus*, t. 63.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 47,

MM. Simonin	obtient	....	44 suffrages
Fayet	»	....	1 suffrage
Mascart	»	....	1 »
Nordmann	»	....	1 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre de votants étant 33,

MM. Fayet	obtient	....	32 suffrages
Nordmann	»	....	1 suffrage

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne	MM. Simonin
En seconde ligne	Fayet

CORRESPONDANCE.

M. Émile Bourgeois, Administrateur de la Manufacture nationale de Sèvres, fait remettre à l'Académie, en souvenir des fêtes du centenaire de *Victor Regnault*, un médaillon de l'illustre physicien, qui fut pendant dix-sept années l'Administrateur de la Manufacture.

Des remercîments seront adressés à M. *Émile Bourgeois*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Précis d'Optique*, publié d'après l'Ouvrage de Paul Drude, refondu et complété par Marcel Boll, avec une préface de M. P. Langevin. Tome I : *Optique géométrique*. *Optique ondulatoire*. (Présenté par M. Lippmann.)

2° Le Tome III des *Opere matematiche di* Eugenio Beltrami.

3° Le Tome III (Volume IV) du *Système silurien de la Bohême*, par J. Barrande.

4° *Histoire critique de la grande entreprise de Christophe Colomb*, par Henry Vignaud. (Présenté par M. Grandidier.)

5° Plusieurs fascicules de la publication du Service d'études des grandes forces hydrauliques (*Région des Alpes*) et diverses brochures de M. R. de la Brosse. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

GÉOMÉTRIE DE SITUATION. — *Sur les surfaces cubiques simples.* Note de M. C. JUEL.

La théorie des droites situées sur une surface algébrique du troisième degré est très connue, mais il semble qu'on n'ait pas remarqué que cette théorie, tant qu'il s'agit d'éléments réels, est tout à fait indépendante du caractère algébrique de la surface. Désignons par *une surface simple* une surface continue et fermée (dans le sens projectif) dont les plans tangents et les rayons de courbure principaux varient d'une manière continue le long de la surface, et par son *ordre* le nombre maximum de ses points d'intersection avec une droite; alors on aura le théorème suivant :

Une surface simple de troisième ordre sans points doubles et non réglée contiendra toujours 3 *ou* 7 *ou* 15 *ou* 21 *droites.*

On commence par établir que la surface contient au moins une droite. Il résulte en effet de l'imparité de l'ordre de la surface gauche, lieu des droites qui rencontrent en des points distincts trois sections planes, qu'elle est coupée par une quatrième section plane en un nombre impair de points ne se trouvant pas sur les sections données.

Soit a une telle droite. Alors nous considérons le contour ω de la projection de la surface F^3 sur un plan π, le centre de projection étant pris dans un point P de ω. Cette courbe sera de l'ordre 2 ou 4; car, par un point P arbitraire d'une courbe plane simple, n'étant pas nécessairement algébrique, passent 2 ou 4 droites tangentes à la courbe (1). Une droite arbitraire du plan π passant par la trace A de a coupera ω en 2 ou 0 points différents de A, qui en est un point double ou un « point isolé ». La courbe ω peut avoir plusieurs branches mais une tangente à une de ces branches, à savoir la trace du plan tangent à F^3 en P, passera toujours par A. Mais dans ces circonstances une seconde droite m tangente à la même branche passera par A. Le plan (Pm) est tangent à F^3 en un point Q, et si Q est un point hyperbolique de la surface, il coupera F^3 en deux droites autres que a.

Pour cet examen il faut distinguer deux cas :

Si A est un point isolé sur ω il n'existe pas de plans passant par a qui coupent la surface (ailleurs qu'en a) en des courbes μ tangentes à ω. Il suit de là que a est coupée ou par chaque courbe μ ou par aucune de ces courbes. Le dernier cas est impossible,

---

(1) Voir *Indledning i Laren om grafiske kurves*, § 4 (résumé p. 81) (*Kgl. Danske Vidensk. Selskab.*, t. X, 1, 1899).

a n'étant pas dans ces circonstances située sur F^3; le plan (Pm) coupera donc F^3 en trois droites.

Si au contraire A est un point double de ω il faut recourir à la théorie des courbes simples planes du quatrième ordre que j'ai donnée autrefois [1]. Cette théorie nous montre qu'alors on aura nécessairement une tangente double p de ω.

Cette droite sera la projection d'une droite q située sur F^3 et q ne pourra pas passer par Q puisque p ne peut pas passer par A. Le plan (aQ) coupera donc F^3 en deux droites outre en ω.

Nous avons maintenant démontré *qu'une surface simple du troisième ordre (sans points doubles) contiendra toujours 3 droites formant un triangle.*

Pour montrer que le nombre des droites sur la surface est au plus de 27, il suffit de démontrer que *par une droite de* F^3 *on ne peut faire passer plus de 5 plans qui la rencontrent encore en deux droites.*

Supposons en effet que a soit rencontrée par six droites $b_1, b_2, \ldots, b_6$ qui se trouvent en des plans différents passant par a. Il est évidemment impossible que quatre entre ces droites soient situées sur un même hyperboloïde, F^3 étant alors composée de cet hyperboloïde et d'un plan. Il existe donc cinq droites $c_1, c_2, \ldots, c_5$ coupant quatre des droites $b_1, b_2, \ldots, b_5$. Nous pouvons supposer ces droites c distinctes entre elles et distinctes de a; autrement nous pouvons substituer à b_5 la nouvelle droite dans laquelle F^3 est coupée par le plan (ab_5). F^3 est supposée toujours sans points doubles. Soit c_r coupée par $b_1, \ldots, b_5$ à l'exception de b_r. Le plan (ab_6) rencontre F^3 suivant a et b_6 et encore suivant une autre droite d. Les droites c rencontrent ce plan en cinq points dont aucun ne peut être le point (ab_6), sans quoi la surface aurait un point double. Il faut donc qu'une des droites b_6 ou d soit rencontrée par au moins trois des droites c. Soit d rencontrée par c_1, c_2, c_3. L'hyperboloïde déterminé par b_4, b_5, a contiendra alors les quatre droites c_1, c_2, c_3, a. Mais chaque droite b coupera assurément deux des droites c_1, c_2, c_3 et en outre ω. L'hyperboloïde contiendra donc, contrairement à l'hypothèse, toutes les droites b.

Dans les cas où F^3 contient plus de 3 droites mais moins de 27, il faut une discussion plus profonde du contour ω. En somme on verra que toute la géométrie de situation sur une surface algébrique du troisième ordre pourra s'étendre sans aucun changement essentiel à une surface simple du même ordre (sans points doubles) [2].

---

(1) Voir *Indledning*, § 4.

(2) Voir surtout F. Klein, *Ueber Flächen dritter Ordnung* (*Math. Ann.*, Bd. VI, p. 521), et H.-G. Zeuthen, *Étude des propriétés de situation des surfaces cubiques* (*Math. Ann.*, Bd. VIII, p. 1).

On pourra par exemple appliquer le théorème à une surface algébrique du cinquième degré composée d'une nappe de troisième ordre et d'une ovaloïde. Mais on peut encore montrer l'existence de surfaces simples non analytiques du troisième ordre.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur des développements trigonométriques à composantes non orthogonales.* Note de M. H. LAROSE, présentée par M. C. Jordan.

1. Considérons l'expression I donnée dans une Note récente (*Comptes rendus*, p. 1051) pour le potentiel provenant d'une rupture constante et permanente de potentiel au départ, à partir de $t=0$, sur un câble limité par des appareils à ses deux extrémités; pour passer de cette expression au développement trigonométrique analytiquement équivalent, mais où le mécanisme de la réflexion est masqué, il suffit de sommer sous le signe intégral et il vient pour I, dans le plan des z, avec coupure de l'∞ entourant $z=0$,

$$(1)\qquad \mathrm{I}=\frac{1}{\pi}\int e^{int}[\Phi(iz)-\Phi(-iz)]\,dz=\frac{1}{\pi}\int e^{int}\Phi(iz)\,dz$$

avec

$$(2)\qquad \Phi(iz)=\frac{\varphi(iz)\,e^{iz(l-x)}}{\varphi(iz)\,\psi(iz)\,e^{izl}-\varphi(-iz)\,\psi(-iz)\,e^{-izl}}.$$

Les notations de la Note précédente sont conservées; la seconde intégrale est à prendre dans le sens direct sur un contour fermé comprenant à son intérieur la coupure et les pôles de Φ autres que $z=0$, qui sont les racines non nulles de l'équation déterminante

$$(3)\qquad \operatorname{tang} zl=f(z)=\gamma\frac{in}{z}\,\frac{f_0+f_1}{1-\left(\gamma\dfrac{in}{z}\right)^2 f_0 f_1}.$$

L'intégrale le long de la coupure se réduit, au facteur près $2i$, au résidu en $z=0$, couplant les pôles symétriques, on a [1]

$$(4)\qquad \mathrm{I}=2i\mathrm{R}_0-2\sum e^{int}\,\frac{\cos y\sin(zx+y)}{z\left(l-\cos^2 zl\dfrac{df}{dz}\right)}$$

[1] Cf. PICARD, *Traité d'Analyse*, t. II; POINCARÉ, *Propagation de la chaleur*.

en posant

$$\operatorname{tang} y = -\gamma \frac{in}{z} f_0.$$

La somme est étendue aux racines à partie réelle, positive de l'équation déterminante, prises dans leur ordre (l'expression écrite les suppose simples); il n'y a pas de racines imaginaires pures, d'après les conditions dynamiques du problème; f_0, f_1 quotients de polynomes en in à coefficients numériques positifs; l'orthogonalité d'une série dérivée de l'équation déterminante implique la non-existence de racines complexes, mais en général il y a possibilité d'existence de racines complexes ou multiples. L'expression (4) n'est autre que celle donnée par Ol. Heaviside dans son important Mémoire *On theory of faults in cables* (1), sans faire intervenir la méthode des résidus qui la légitime, en supposant possible le développement d'une fonction arbitraire en une série de fonctions normales au sens de Lord Rayleigh, orthogonales ou non.

2. Le terme en dehors du signe somme est le potentiel en régime permanent et o sera pôle au plus d'ordre 2 pour le potentiel; intégrons par rapport à x et réitérons; les pôles sont conservés avec leur ordre, sauf o, dont l'ordre augmente chaque fois d'une unité; la suite des polynomes en x et t, résidus aux pôles o d'ordre croissant, jouera par rapport à la série trigonométrique non périodique le rôle joué vis-à-vis des fonctions thêta par la suite des polynomes donnés antérieurement à propos du problème de l'armille (*Comptes rendus*, t. 148).

o ne sera pas pôle pour le potentiel si l'appareil du départ est un condensateur non shunté et l'appareil de l'arrivée un transformateur shunté ou non, sans capacité finie, à m enroulements (premier enroulement câble-terre); le résidu intégral nul pour $t = 0$, $0 < x \leqq l$, sera ici 1 pour $t = 0$, $x = 0$, et dans le cas particulier d'un shunt de résistance nulle, ce sont les identités de Navier, Saint-Venant, relatives à l'équation (6) $\cot zl = zl_1$ (problème du choc longitudinal d'une barre prismatique).

3. Dans le même problème relatif à la ligne télégraphique (2) on partira de l'intégrale dans le plan des n (coupure $0, 2i\tau^{-1}$) et il viendra respectivement pour le potentiel et le courant les intégrales

$$\frac{1}{2\pi}\int e^{int}\,\Phi(iz)\frac{z}{n}\,dn, \qquad \frac{v}{2\pi}\int e^{int}\,\Phi(iz)\,dn$$

(1) *Phil. Magazine*, 1879.

(2) *Comptes rendus*, 31 octobre 1910.

à prendre dans le sens direct sur un contour enfermant la coupure et les pôles; les pôles de Φ racines de l'équation (3) en n sont symétriques par rapport au milieu de la coupure, d'où la solution dans laquelle les résidus aux pôles symétriques sont couplés et le terme en dehors du signe somme est l'intégrale le long de la coupure.

Le cas non périodique le plus simple est celui d'un condensateur au départ et d'une résistance nulle à l'arrivée; l'intégrale le long de la coupure est nulle et l'on a pour le potentiel ou le courant

$$(7) \qquad e^{-\frac{t}{\tau}} \sum \frac{4 \cos z l}{2 z l + \sin 2 z l} \begin{matrix} \sin \\ \text{ou} \\ \cos \end{matrix} (z l - z x) \begin{matrix} \left(\cos + \frac{1}{\omega} \sin\right) \\ \text{ou} \\ \left(\gamma \frac{v^2 \tau z}{\omega} \sin\right) \end{matrix} \left(\omega \frac{t}{\tau}\right),$$

$\omega = \sqrt{(v z \tau)^2 - 1}$ et les z racines positives de (6).

Faisons $0 = \tau^{-1}$ dans (7) (résistance ohmique de la ligne négligée); le potentiel dans le problème électrique n'est autre que le courant de déplacement dans le problème d'élasticité du choc longitudinal d'une barre; on connaît les critiques faites par M. Boussinesq à l'emploi pratique des séries trigonométriques dans ce problème; ces critiques s'appliquent en général à la forme de solution précédente pour la ligne télégraphique limitée (câble excepté).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le module minimum des fonctions entières.* Note de M. **Georges Rémoundos**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans son Livre récemment paru (¹) (1910) sur la théorie des fonctions entières d'ordre infini, M. Blumenthal a donné au théorème du module minimum d'une fonction entière $H(z)$ la forme suivante d'extrême précision, à savoir : *Si nous désignons par* $\mu(r)$ *un ordre de* $H(z)$ *et par* $K(r)$ *une fonction-type plus grande ou égale à* $\mu(r)^{1+\delta}$, *l'inégalité*

$$|H(z)| > e^{-r^{K(r)^{1+\delta}}}$$

(¹) Paris, Gauthier-Villars : *Collection de Monographies*, sous la direction de E. Borel.

Pour le cas d'ordre fini, voir aussi ma Note : *Sur les fonctions entières de genre fini* (*Bull. Soc. math. de France*, t. XXXII, 1904, p. 314).

est satisfaite dans tout le plan à l'exception de couronnes circulaires, dont la largeur totale à l'extérieur du cercle r est inférieure à $e^{-r^{K(r)}}$.

Le nombre positif δ est arbitrairement petit.

2. Je me propose de signaler ici quelques compléments de ce théorème de M. Blumenthal, que j'ai obtenus à l'aide du théorème suivant :

Si nous désignons par (E) *un ensemble de points du plan* z, *dans lequel* $H(z)$ *ne tend que vers zéro avec* $\frac{1}{r}$ $(r = |z|)$, *les modules des fonctions entières*

$$H(z) \quad \text{et} \quad f(z) = e^{H(z)} - 1$$

sont des infiniment petits équivalents pour les points de l'ensemble (E) *de rayon r suffisamment grand.*

Ce théorème, qui est presque évident, nous conduit aux résultats suivants :

I. Si la fonction entière $H(z)$ admet le cas d'exception unique de M. Picard, la valeur exceptionnelle étant différente de zéro, nous obtenons une nouvelle précision remarquable par l'extension du théorème ci-dessus indiqué de M. Blumenthal à tous les minima

$$e^{-r^{m(r)^{1+\delta}}},$$

où $m(r)$ désigne une fonction-type quelconque plus grande que $\log \mu(r)$.

L'extension est obtenue sous la forme suivante :

Si l'on exclut sur la circonférence de rayon r, assez grand, certains arcs de longueur total inférieure à

$$e^{-r^{m(r)^{1-\delta}}},$$

tous les autres points de la circonférence satisfont à l'inégalité

$$|H(z)| > e^{-r^{m(r)^{1+\delta}}}, \quad m(r) > \log \mu(r).$$

Ce résultat fournit visiblement un complément intéressant apporté au théorème de M. Blumenthal, parce que la solution $m(r)$ peut être choisie *notablement plus petite que l'ordre* $\mu(r)$ *de la fonction* $H(z)$. Il y a là une nouvelle précision du théorème sur le module minimum concernant toutes les fonctions entières qui présentent le cas d'exception unique de M. Picard, la valeur exceptionnelle n'étant pas égale à zéro.

3. II. Si nous posons :

$$e^{H(z)} - 1 = f(z), \quad e^{f(z)} - 1 = f_1(z), \quad e^{f_1(z)} - 1 = f_2(z), \quad \ldots, \quad e^{f_{n-1}(z)} - 1 = f_n(z),$$

en désignant par $\mu_1(r)$, $\mu_2(r)$, ..., $\mu_n(r)$ respectivement des ordres des

fonctions entières $f(z)$, $f_1(z)$, ..., $f_{n-1}(z)$, le théorème de M. Blumenthal s'étend aux quantités

$$e^{-r^{\mu_n(r)^{1+\delta}}},$$

considérées comme minima du module de la fonction donnée $H(z)$.

Ce résultat paraît, au premier abord, n'être qu'un cas particulier du théorème de M. Blumenthal; cependant, il n'en est pas entièrement ainsi, parce que les fonctions $\mu_n(r)$, que nous employons ici, ne sont pas nécessairement sur tous les cercles de rayon r suffisamment grand plus grandes que l'ordre $\mu(r)$ de $H(z)$.

Je remarque que c'est surtout le premier résultat, I, qui est le but principal de ma Note et qui mérite, je crois, d'attirer l'attention des mathématiciens.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence d'intégrales satisfaisant à des conditions données le long d'un contour.* Note de M. **Riquier**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons un système différentiel partiel, comprenant, pour fixer les idées, trois équations, et impliquant un nombre égal d'inconnues u, v, w, des deux variables indépendantes réelles x, y.

Nous supposerons que le système est linéaire par rapport à l'ensemble des fonctions inconnues et de leurs dérivées, et, désignant par m, n, p ses ordres respectifs relativement à u, v, w, nous mettrons en évidence, dans chaque équation, trois groupes linéaires et homogènes, le premier par rapport aux dérivées d'ordre m de u, le second par rapport aux dérivées d'ordre n de v, le troisième par rapport aux dérivées d'ordre p de w; nous aurons ainsi les relations

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{1,\alpha}\frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha}+\sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{1,\beta}\frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta}+\sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{1,\gamma}\frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma}+\ldots=0,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{2,\alpha}\frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha}+\sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{2,\beta}\frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta}+\sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{2,\gamma}\frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma}+\ldots=0,$$

$$\sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{3,\alpha}\frac{\partial^m u}{\partial x^{m-\alpha}\,\partial y^\alpha}+\sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{3,\beta}\frac{\partial^n v}{\partial x^{n-\beta}\,\partial y^\beta}+\sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{3,\gamma}\frac{\partial^p w}{\partial x^{p-\gamma}\,\partial y^\gamma}+\ldots=0,$$

où les lettres A, B, C, affectées d'indices, désignent des fonctions (réelles) données de x, y. Des termes écrits ci-dessus nous déduirons, par un méca-

nisme évident, le déterminant du troisième ordre

$$\begin{vmatrix} \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{1,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{1,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{1,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \\ \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{2,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{2,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{2,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \\ \sum_{\alpha=0}^{\alpha=m} A_{3,\alpha} X^{m-\alpha} Y^{\alpha} & \sum_{\beta=0}^{\beta=n} B_{3,\beta} X^{n-\beta} Y^{\beta} & \sum_{\gamma=0}^{\gamma=p} C_{3,\gamma} X^{p-\gamma} Y^{\gamma} \end{vmatrix},$$

forme algébrique de degré $m+n+p$ aux indéterminées X, Y, ayant pour coefficients certaines fonctions connues de x, y.

Considérons d'autre part un contour analytique régulier tel que toute demi-droite partant d'un point intérieur convenablement choisi rencontre le contour en un seul point, et supposons : 1° que dans le voisinage du contour, c'est-à-dire dans l'intérieur d'une certaine zone s'étendant de part et d'autre de cette ligne, les divers coefficients du système proposé (les A, les B, les C, et tous les autres) soient des fonctions analytiques de x, y; 2° que, pour tout point particulier (x, y) du contour, le faisceau obtenu en égalant à zéro la forme algébrique aux indéterminées X, Y ne contienne que des droites imaginaires (le nombre $m+n+p$ est alors nécessairement pair).

Cela étant, *le système proposé admet un et un seul groupe d'intégrales, analytiques dans le voisinage du contour, et telles, qu'en adjoignant à u, v, w respectivement leurs $m-1$, $n-1$, $p-1$ premières dérivées prises suivant la normale au contour, ces $m+n+p$ fonctions se réduisent sur le contour à des fonctions analytiques données.*

La méthode à l'aide de laquelle j'ai pu établir ce résultat est, en ce qui concerne la forme du contour, applicable dans des circonstances plus générales que celles qui se trouvent spécifiées plus haut; mais le cas fourni par la considération de ces dernières est un des plus saillants et offre l'avantage de pouvoir s'énoncer très brièvement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'application aux séries de Laplace du procédé de sommation de M. de la Vallée-Poussin.* Note de M. **Michel Plancherel**, présentée par M. Émile Picard.

Il existe des fonctions continues des deux variables (ϑ, φ) $(0 \leqq \vartheta \leqq \pi, 0 \leqq \varphi \leqq 2\pi)$ sur la sphère, dont les séries de Laplace divergent en certains points.

MM. Haar et Lebesgue en ont donné des exemples. Aussi est-il intéressant de connaître des procédés de sommation de séries de Laplace d'une fonction continue, qui convergent partout. Par une méthode analogue à celle qui lui a donné de si beaux résultats sur la sommation des séries de Fourier, M. Fejér a montré que les secondes moyennes de Cesàro de la série de Laplace d'une fonction continue convergent uniformément vers la valeur de cette fonction. Il peut être utile de noter qu'une méthode de sommation employée pour la première fois par M. de la Vallée-Poussin ([1]), permet d'arriver très simplement à des résultats d'une grande généralité.

(ϑ, φ) et (ϑ', φ') étant deux points de la surface sphérique, nous appellerons γ leur distance sphérique. L'élément d'aire au point (ϑ', φ') sera noté $d\sigma' = \sin\vartheta'\, d\vartheta'\, d\varphi'$. $F(\vartheta, \varphi)$ étant une fonction de point sur la sphère, nous aurons à considérer sa valeur moyenne au point (ϑ, φ). Au pôle, cette valeur moyenne est donnée par la limite pour $\vartheta' = 0$ de

$$f(\vartheta') = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} F(\vartheta', \varphi')\, d\varphi'.$$

Ceci posé, le théorème que nous avons en vue peut s'énoncer :

$F(\vartheta, \varphi)$ *étant une fonction sommable sur la sphère, la suite*

$$S_n(\vartheta, \varphi) = \frac{1}{4\pi}\int F(\vartheta', \varphi')\, d\sigma' + \sum_{k=1}^{n} \frac{2k+1}{4\pi}\, \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)} \times \int F(\vartheta', \varphi')\, P_n(\cos\gamma)\, d\sigma'$$

converge vers $F(\vartheta, \varphi)$ *en tout point de continuité de la fonction; la convergence est uniforme dans tout domaine intérieur à un domaine de continuité de* $F(\vartheta, \varphi)$; *plus généralement, en tout point où la valeur moyenne de* F *existe, la suite* S_n *converge vers cette valeur moyenne.*

La démonstration de la convergence peut se faire, sans restreindre la généralité, en supposant (ϑ, φ) au pôle du système de coordonnées sphériques. S_n prend alors la forme

$$S_n = \frac{1}{2}\int_0^{\pi} f(t)\sin t\, dt + \sum_{k=1}^{n} \frac{2k+1}{2}\, \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)} \times \int_0^{\pi} f(t)\, P_k(\cos t)\sin t\, dt.$$

([1]) *Sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle et de leurs dérivées par des polynomes et des suites limitées de Fourier* [*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* (Classe des Sciences), n° 3, 1908, p. 193-254].

Faisant usage de la formule de Mehler

$$P_k(\cos t) = \frac{2}{\pi}\int_t^\pi \frac{\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\psi}{\sqrt{2(\cos t - \cos\psi)}}\,d\psi,$$

et de la relation

$$\sin\frac{\psi}{2} + \sum_{k=1}^{n} \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{(n+2)(n+3)\ldots(n+k+1)}(2k+1)\sin\left(k+\frac{1}{2}\right)\psi$$
$$= \frac{2^{2n}(n!)^2(n+1)}{(2n)!}\left(\cos\frac{\psi}{2}\right)^{2n}\sin\frac{\psi}{2},$$

on ramène S_n à

$$S_n = \int_0^\pi K(n, t) f(t)\,dt,$$

où

$$K(n, t) = \frac{2^{2n}(n!)^2(n+1)}{\pi(2n)!}\sin t \int_t^\pi \left(\cos\frac{\psi}{2}\right)^{2n} \frac{\sin\frac{\psi}{2}\,d\psi}{\sqrt{2(\cos t - \cos\psi)}}.$$

Or, on voit sans grandes difficultés que $K(n, t)$ est une fonction positive, qui tend uniformément vers zéro avec $\frac{1}{n}$ dans tout intervalle $0 < \varepsilon \leqq t \leqq \pi$. En effet, pour de grandes valeurs de n, $K(n, t)$ est inférieur dans (ε, π) à $\frac{(n+1)\sqrt{n\pi}}{2}\left(\cos\frac{\varepsilon}{2}\right)^{2n}$. De plus,

$$\lim_{n=\infty}\int_0^\varepsilon K(n, t)\,dt = 1, \qquad 0 < \varepsilon \leqq \pi.$$

Ces propriétés permettent d'obtenir très simplement le théorème énoncé.

La suite $S_n(\vartheta, \varphi)$ possède encore d'autres propriétés intéressantes, celle entre autres de rester dans un domaine comprise entre la limite supérieure et la limite de la valeur moyenne de la fonction dans ce domaine. On peut même voir que S_n converge vers la valeur moyenne de la fonction en tout point où celle-ci est dérivée de son intégrale indéfinie (superficielle), donc presque partout. De même, la suite des dérivées de S_n est encore utilisable pour l'approximation des dérivées de la fonction F. Les résultats obtenus s'étendent naturellement aux séries de polynomes de Legendre.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *De la viscosité dans le mouvement des fils flexibles.* Note de M. **Louis Roy**, présentée par M. P. Appell.

Pour obtenir les équations du mouvement d'un fil flexible, on peut écrire, d'après les principes de l'Énergétique, qu'on a pour toute modification

virtuelle isothermique

$$\delta\mathcal{G}_e + \delta\mathcal{G}_v + \delta J - \delta_T \mathcal{F} = 0, \tag{1}$$

$\delta\mathcal{G}_e$ désignant le travail élémentaire des forces extérieures, $\delta\mathcal{G}_v$ celui des actions de viscosité, δJ celui des forces d'inertie et $\delta_T\mathcal{F}$ la variation isothermique du potentiel thermodynamique interne.

Par définition du fil parfaitement flexible, $\mathcal{F} = \int \varphi(\rho, T)\, dm$, φ étant une fonction donnée de la densité ρ et de la température absolue T et $dm = \rho\, ds$, la masse d'un élément ds du fil. Dans toute modification, on a $\delta\, dm = \delta\rho\, ds + \rho\delta\, ds = 0$; nous avons donc

$$\delta_T \mathcal{F} = \int \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \delta\rho\, dm = -\int \rho^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} \delta\, ds.$$

Pour calculer le travail élémentaire des actions de viscosité, nous pouvons procéder comme M. Duhem dans ses *Recherches sur l'Hydrodynamique* et l'on reconnait qu'on a

$$\delta\mathcal{G}_v = \int \Lambda \frac{\partial \rho}{\partial t} \delta\, ds,$$

Λ étant une fonction essentiellement positive de ρ et de T, qu'on peut appeler le *coefficient de viscosité* du fil. Si donc nous posons

$$\Theta + \rho^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \rho} + \Lambda \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0, \tag{2}$$

l'égalité (1) deviendra

$$\delta\mathcal{G}_e + \delta J - \int \Theta\, \delta\, ds = 0. \tag{3}$$

Si le fil était dénué de viscosité, on ferait $\Lambda = 0$ dans l'égalité (2), mais la précédente resterait la même. Ainsi, les équations de mouvement, qui se déduisent de l'égalité (3) par la méthode des variations, auront la même forme que si le fil n'était pas visqueux. Θ représente donc encore la tension en chaque point, mais l'équation caractéristique (2) cesse d'être une relation finie entre Θ, ρ, T. Par des considérations analogues à celles qui ont été présentées dans notre Note du 6 mars 1911, on reconnaît que les seules discontinuités d'ordre $n > 1$ que puisse propager un fil visqueux sont transversales et se propagent avec la vitesse $\sqrt{\frac{\Theta}{\rho}}$.

Proposons-nous d'étudier les petits mouvements d'un fil tendu de tempé-

rature uniforme et de longueur l, qui n'est soumis à aucune force et dont une extrémité est fixe, l'autre étant animée d'un mouvement donné. On reconnaît que la viscosité n'intervient que dans l'équation du déplacement longitudinal ξ; en posant $a^2 = -\frac{\partial\Theta}{\partial\rho}$; celui-ci est déterminé par les équations

$$(4) \qquad \Lambda \frac{\partial^3 \xi}{\partial\omega^2 \, \partial t} + a^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial\omega^2} - \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = 0,$$

$$\text{pour } \omega = (0, l) : \xi = [0, F(t)]; \qquad \text{pour } t = 0 : \xi = f(\omega), \qquad \frac{\partial \xi}{\partial t} = g(\omega),$$

F, f, g étant des fonctions données. L'intégration montre que le mouvement du fil est la superposition d'un mouvement forcé et d'un autre qui va en s'éteignant. Pour simplifier, bornons-nous à deux cas particuliers.

I. Supposons les deux extrémités fixes $[F(t) = 0]$. L'équation (4) s'intègre par solutions simples et l'on trouve

$$(5) \quad \xi(\omega, t) = \frac{2}{l} \sum_{n=1}^{n=\infty} e^{-\mu t} \sin n\pi \frac{\omega}{l} \int_0^l \left[f(x) \cos \nu t + \frac{g(x) + \mu f(x)}{\nu} \sin \nu t \right] \sin n\pi \frac{x}{l} \, dx,$$

en posant

$$\mu = \frac{\Lambda n^2 \pi^2}{2 l^2}, \qquad \nu = \frac{n\pi}{l} \sqrt{a^2 - \left(\frac{\Lambda n \pi}{2 l}\right)^2}.$$

Pour les petites valeurs de n, ν sera en général réel et les premiers termes du développement (5) seront périodiques amortis de période $\tau_n = \frac{2\pi}{\nu}$. Les termes de rang supérieur correspondront à des valeurs de ν imaginaires et ne contiendront plus que des exponentielles en t. Si la longueur était telle qu'on eût $l < \frac{\pi\Lambda}{2a}$, tous les termes seraient apériodiques; mais, si l'on cherche expérimentalement la valeur de l qui correspond à l'apériodicité critique, on aura $\Lambda = \frac{2al}{\pi}$. Cette détermination est tout à fait analogue à la recherche de la résistance critique d'un galvanomètre.

II. Supposons $F(t) = \varepsilon \sin 2\pi \frac{t}{T}$, ε et T étant des constantes, et bornons-nous à la recherche du mouvement forcé. En posant

$$\rho = \sqrt{a^4 + \left(\frac{2\pi\Lambda}{T}\right)^2}, \qquad \alpha = \frac{\pi\sqrt{2}}{T\rho}\sqrt{\rho - a^2}, \qquad \beta = \frac{\pi\sqrt{2}}{T\rho}\sqrt{\rho + a^2},$$

$$C = -\varepsilon \frac{\operatorname{sh}\alpha(\omega + l)\sin\beta(\omega - l) - \operatorname{sh}\alpha(\omega - l)\sin\beta(\omega + l)}{\operatorname{ch} 2\alpha l - \cos 2\beta l},$$

$$D = \varepsilon \frac{\operatorname{ch}\alpha(\omega + l)\cos\beta(\omega - l) - \operatorname{ch}\alpha(\omega - l)\cos\beta(\omega + l)}{\operatorname{ch} 2\alpha l - \cos 2\beta l},$$

on trouve

$$\xi = C \cos 2\pi \frac{t}{T} + D \sin 2\pi \frac{t}{T}.$$

Λ n'étant jamais nul en réalité, $\text{ch}\, 2\alpha l$ sera plus grand que 1, de sorte que les dénominateurs de C et de D seront toujours différents de zéro. Toutefois, si Λ est assez petit, C et D pourront être notablement plus grands que ε pour $\cos 2\beta l = 1$, et l'amplitude du mouvement aux différents points du fil pourra être notablement supérieure à l'amplitude du mouvement de son extrémité. Ce cas correspond aux phénomènes de résonance observés dans les expériences de Melde.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un développement en série et son application au problème des ondes liquides par émersion.* Note de M. **H. Vergne**, présentée par M. Émile Picard.

1. Je considère une suite de fonctions

(1) $$\varphi_0(x),\quad \varphi_1(x),\quad \varphi_2(x),\quad \ldots,\quad \varphi_i(x),\quad \ldots,$$

périodiques, de période 1, ainsi que leurs dérivées premières et secondes; les dérivées secondes $\varphi_i''(x)$ sont supposées développables en séries de Fourier uniformément convergentes. Je dis que si la suite des φ_i forme un système *fermé* (j'entends par là qu'il n'existe aucune fonction intégrable et de carré intégrable, autre que zéro, orthogonale à tous les φ_i), il en résulte que toute fonction de carré intégrable orthogonale à tous les φ_i'' est *une constante*.

Pour établir ce point, il est permis, sans diminuer la généralité, de supposer que la suite de fonctions (1) forme un système *orthogonal* et *normal*. Alors, si l'on développe les fonctions φ_i en séries trigonométriques, la chose devient évidente en s'appuyant sur un théorème énoncé par M. Riesz (*Comptes rendus*, 18 mars 1907, t. 144, p. 617-618), relativement à un système d'une infinité d'équations à une infinité d'inconnues.

2. Du lemme précédent découle immédiatement le théorème suivant, dont l'énoncé n'est qu'une légère modification de celui bien connu de M. Schmidt (*Math. Annalen*, t. LXIII):

Étant donnée une suite fermée telle que (1) *de fonctions périodiques, de période* 1, *possédant en tout point des dérivées premières et secondes; si le système des dérivées premières* $\varphi_i'(x)$ *est orthogonal, toute fonction pério-*

dique $f(x)$ de même période 1, et admettant une dérivée première $f'(x)$ de carré intégrable, est développable en une série absolument et uniformément convergente, suivant les fonctions

$$\varphi_i(x) - \overline{\varphi_i},$$

où $\overline{\varphi_i}$ représente la valeur moyenne de $\varphi_i(x)$ dans l'intervalle $(0-1)$.

3. Ce théorème trouve son application dans le problème suivant de Physique mathématique, qui se pose dans la théorie des ondes liquides par émersion [1] : il s'agit de déterminer une fonction $\varphi(x, y, t)$ définie à l'intérieur d'un contour C du plan des xy et satisfaisant aux conditions suivantes :

$$(2)\quad \begin{cases} \text{Équation indéfinie :} \quad \Delta\varphi = \dfrac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0, \\ \text{Condition à la frontière :} \quad \dfrac{d\varphi}{dn} = c(s)\dfrac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}, \\ \text{État initial (pour } t=0\text{) :} \quad \varphi = 0, \qquad \dfrac{\partial\varphi}{\partial t} = f(s) \qquad \text{(sur le contour C);} \end{cases}$$

s désigne l'abscisse curviligne d'un point quelconque du contour C, et $c(s)$ et $f(s)$ sont deux fonctions données sur ce contour.

Si nous cherchons à satisfaire aux deux premières équations (2) par des *solutions simples* de la forme

$$\sin(\sqrt{k}\,t)\,\mathrm{U}(x, y),$$

nous trouvons, pour déterminer $\mathrm{U}(x, y)$, les conditions suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} \text{Équation indéfinie :} \quad \Delta\mathrm{U} = 0, \\ \text{Condition au contour C :} \quad \dfrac{d\mathrm{U}}{dn} = -k\,c(s)\mathrm{U}. \end{cases}$$

Si k est quelconque, ces équations entraînent $\mathrm{U} = 0$. Mais il existe une infinité de valeurs de k,

$$k_0 = 0,\ k_1,\ k_2,\ \ldots,\ k_i,\ \ldots,$$

toutes positives (sauf la première), et auxquelles correspondent respectivement des solutions

$$\mathrm{U}_0 = 1,\ \mathrm{U}_1,\ \mathrm{U}_2,\ \ldots,\ \mathrm{U}_i,\ \ldots,$$

pour le système (3). De plus, si l'on appelle $\mathrm{U}_i(s)$ la valeur que prend $\mathrm{U}_i(x, y)$

---

[1] H. Vergne, *Contribution à la théorie des ondes liquides* (*Thèse*, Gauthier-Villars, 1909, p. 53 et suiv.).

sur C, la suite des fonctions périodiques $U_i(s)$ forme un système fermé. Et si le contour C et la fonction $c(s)$ sont *suffisamment réguliers*, il est clair que les $U_i(s)$ posséderont des dérivées premières et secondes.

Cela posé, si la fonction donnée $f(s)$ est la somme d'un nombre *fini* de fonctions $U_i(s)$,

$$f(s) = \Sigma c_i U_i(s),$$

la solution du problème (2) sera évidemment

$$\varphi = \sum \frac{c_i}{\sqrt{k_i}} \sin(\sqrt{k_i}t) U_i(x, y).$$

Dans le cas général où $f(s)$ n'est pas susceptible de cette forme, nous pouvons, suivant un procédé bien connu, former avec nos $U_i(s)$ des combinaisons linéaires $V_i(s)$, telles que la suite des dérivées $V'_i(s)$ forme un système orthogonal.

Alors, si nous admettons que la fonction donnée $f(s)$ (évidemment périodique) admet une dérivée première de carré intégrale, cette fonction sera, d'après le théorème, représentable par une série

$$f(s) = \Sigma c_i [V_i(s) - \overline{V}_i]$$

absolument et uniformément convergente.

Nous savons résoudre le problème (2) pour chaque terme de cette série, puisque $V_i(s)$ est la somme d'un nombre *fini* de fonctions $U_i(s)$.

Donc nous savons le résoudre pour $f(s)$.

ÉLASTICITÉ. — *Sur le mécanisme de la déformation permanente dans les métaux soumis à l'extension.* Note de M. L. **Hartmann**, présentée par M. Lecornu.

Les procédés décrits dans ma Communication précédente ont servi à étudier l'influence du recuit et de l'écrouissage sur les phénomènes qui accompagnent la déformation permanente des métaux soumis à l'extension. Les essais ont porté, pour chaque métal, sur des barrettes de 20^{mm} de largeur et de 200^{mm} de longueur, découpées, suivant le sens du laminage, dans des feuilles de $\frac{5}{10}$ de millimètre d'épaisseur, les unes recuites, les autres écrouies.

J'ai groupé quelques-uns des résultats obtenus dans le Tableau ci-après, en y faisant figurer des métaux simples, des alliages binaires, ternaires et

quaternaires. Les chiffres mentionnés pour le degré d'écrouissage indiquent la réduction totale d'épaisseur subie par le métal, après les passes de laminage à froid au moyen desquelles il a été amené à l'épaisseur de $\frac{5}{10}$ de millimètre; par exemple, pour l'écrouissage de $\frac{4}{10}$, on est parti d'une feuille ayant une épaisseur de $\frac{9}{10}$ de millimètre.

L'examen de ces résultats montre que, dans les barrettes soumises à l'extension parallèlement au sens du laminage, les orientations conjuguées suivant lesquelles a lieu le mouvement moléculaire font avec la direction de l'effort un angle qui, minimum pour le métal recuit, augmente avec l'intensité de l'écrouissage.

En second lieu, la distribution des déformations est loin d'être la même, quand le métal est écroui, ou quand il est recuit.

Dans le premier cas, on obtient des strictions obliques discontinues, indépendantes les unes des autres, d'autant moins nombreuses et d'autant plus accentuées que la valeur de l'écrouissage est plus considérable.

Dans le second cas, le métal peut se comporter de trois manières différentes :

a. Le mouvement moléculaire n'est observable directement qu'au moment de l'allongement de striction, dans la région où celle-ci se forme, et, pour le déceler dans les phases antérieures, on doit recourir au procédé des encoches.

b. Le métal donne lieu, à partir d'une charge notablement inférieure à la charge maxima, au phénomène des larges rubans obliques venant recouvrir successivement toutes les régions de la lamelle, et ne produisant, à tout instant, que des dénivellations extrêmement faibles par rapport à l'ensemble de la surface.

c. Il y a production de strictions, distinctes les unes des autres, analogues à celles des métaux écrouis, mais constituant toutefois des dépressions beaucoup moins importantes.

Les particularités qu'on observe ainsi dans la répartition des déformations semblent pouvoir s'expliquer de la manière suivante :

Quand le métal est homogène, comme structure et comme composition, le mouvement moléculaire se produit simultanément dans tous les points à la fois, pour chaque valeur de l'effort, sans que, par suite, son orientation puisse se manifester sur la barrette. C'est, en général, le cas des métaux recuits.

signation u métal.	Traitement du métal.	Limite élastique (1).	Apparition des réseaux. Charge (1).	Apparition des réseaux. Allongement p. 100.	Striction ou rupture. Charge (1).	Striction ou rupture. Allongement p. 100.	Valeur de l'angle α.	Observations.
uminium r p. 100 e métaux rangers)	Recuit	4	9,5	10	10	19	58°	Réseaux assez nets et régulièrement répartis.
	Écroui (25/10)	16	17,5	4	19	5	59	Quelques strictions seulement; l'une d'elles s'accentue immédiatement.
	Écroui (45/10)	18	19,5	2,5	20	3	60	Quelques strictions, avec une profondeur plus grande.
ickel pur.	Recuit	19	»	»	49	17	60	Les réseaux ne sont visibles qu'après la rupture.
	Écroui (5/10)	77	77,5	0,5	78,5	1	65	Série de strictions très accusées; rupture dans l'une d'elles.
erro-nickel 25 p. 100 e nickel).	Recuit	25	29,5	5	64,5	36	57	Déformation par bandes obliques, d'une manière ininterrompue. Réseaux très nets dans la striction générale.
	Écroui (2/10)	84	86,5	0,5	87	1,5	60	A $86^{kg},5$, apparition brusque de deux sillons conjugués.
	Écroui (4/10)	95	98	0,5	98,3	1	63	A 98^{kg}, un sillon seulement, mais plus profond.
erro-nickel 36 p. 100 e nickel).	Recuit	30	»	»	56	26	58	Les réseaux ne se produisent qu'au moment de la formation de la striction générale.
	Écroui (2/10)	74,5	77,5	1,5	78	2	60	Quelques strictions seulement.
	Écroui (4/10)	75	87,5	0,75	88	1	63	Une striction, très accentuée, suivant laquelle la rupture se produit.

(1) En kilogrammes par millimètre carré de section.

Désignation du métal.	Traitement du métal.	Limite élastique (¹).	Apparition des réseaux. Charge (¹).	Apparition des réseaux. Allongement p. 100.	Striction ou rupture. Charge (¹).	Striction ou rupture. Allongement p. 100.	Valeur de l'angle α.	Observations.
Cuivre-nickel (20 p. 100 de nickel).	Recuit	10	»	»	32	15	58°	Comme pour le ferro-nickel, à 36 p. 100 de nickel.
	Écroui (5/10)	50	53	1,5	53	2	63	Réseaux discontinus en petit nombre.
	Écroui (10/10)	53	55	1,5	55,5	2	65	Réseaux plus profonds.
Maillechort 25 N, 57 Cu, 18 Zn.	Recuit	21,5	22	2	48	35	60	Bandes obliques qui se rejoignent, quand l'effort atteint une valeur de 30kg par mm²; un repolissage permet d'observer les nouvelles bandes qui se forment.
	Écroui (2,5/10)	63	67	2	67,5	2,5	65	Strictions discontinues en nombre restreint.
	Écroui (5/10)	70	74	0,75	74	1	67	Strictions discontinues très accusées.
Alliage d'aluminium 95,5 Al, 3,5 Cu, 0,5 Mn, 0,5 Ag.	Recuit	16	»	»	23,5	4	60	L'orientation n'est perceptible que dans la striction d'ensemble.
	Écroui (3/10)	29	30,5	2	31,5	2,5	62	Strictions discontinues en petit nombre.
	Écroui (6/10)	30	34	0,5	35	1	65	Quelques strictions seulement, très importantes. La rupture a lieu suivant la dernière formée.

Mais si, pour une cause quelconque, le corps est hétérogène, le déplacement relatif des éléments est discontinu dans toute la masse et, pour chaque accroissement de l'extension, il commence par des centres qui peuvent être disséminés d'une manière assez uniforme pour provoquer un espacement régulier des zones de déformation. La différenciation qui en est la conséquence pour les diverses régions du métal, est plus ou moins accusée, et, suivant sa valeur, on obtient des déformations sous forme de bandes relativement larges ou sous forme de sillons localisés.

(¹) En kilogrammes par millimètre carré de section.

Les métaux écrouis ont une constitution hétérogène, par l'effet même du travail ayant servi à les préparer. Les laminoirs, au moyen desquels l'opération est effectuée, présentent généralement une surface inégale et rugueuse. Il en résulte des variations considérables dans le degré d'écrouissage, d'un point aux points voisins. Cette circonstance, combinée avec des irrégularités dans la composition du métal, se dénote par le tracé sinueux qu'on remarque alors dans les déformations obliques des deux systèmes conjugués.

AÉRONAUTIQUE. — *Expériences faites au moyen de l'installation de mesures aérodynamiques de l'établissement d'aviation de Vincennes.* Note [1] de M. J. **Olive**, présentée par M. L. Lecornu.

Principe des mesures. — Cette installation a pour objet d'effectuer des mesures aérodynamiques sur des appareils aériens de grandeur naturelle qu'on déplace en air calme.

A l'instigation du capitaine Lucas Girardville on a adopté la solution du monorail aérien constitué par un câble tendu de 155^m de portée. L'appareil en essai est suspendu à un chariot qui roule le long de ce câble et qui est muni de tous les dispositifs nécessaires pour enregistrer à chaque instant la vitesse acquise et les réactions de l'air sur l'appareil. Le câble présente d'ailleurs une inclinaison suffisante pour qu'on puisse réaliser des vitesses de 12^m par l'effet de la pesanteur. Le chariot pouvant être très étroit et l'appareil étudié pouvant être suspendu très bas, on voit qu'une semblable organisation permet de soustraire pratiquement cet appareil au sillage du chariot.

Les erreurs provenant de la déformation du câble sont réduites à un taux négligeable si l'on a soin de n'effectuer les mesures que dans la région moyenne de ce câble, car dans cette région le chariot se déplace à peu près suivant sa propre direction.

Il faut ajouter qu'en raison de la faible longueur du câble le mouvement uniforme ne peut être réalisé d'une manière absolue et qu'il est nécessaire de corriger la composante tangentielle de la résistance de l'air, de l'inertie de l'appareil.

Méthode employée. — On amène le chariot au milieu du câble de manière

---

(1) Présentée dans la séance du 10 avril 1911.

à enregistrer au point fixe les efforts dus à la pesanteur et l'on procède ensuite au lancement. Les ordonnées des courbes dynamométriques comptées à partir des tracés qu'on a obtenus au point fixe donnent les composantes de la résistance de l'air. La correction d'inertie s'obtient d'une manière analogue.

Ces résultats sont ensuite représentés sur une épure qui donne *en grandeur et position* la résistance de l'air sur l'appareil.

Résultats obtenus. — Quelques mesures ont été effectuées sur l'appareil Wright réduit à sa cellule principale et une seule sur l'appareil modèle 1910 complet. Dans toutes ces mesures les axes des hélices ont été placés parallèlement au chariot.

Pour la cellule seule sans moteur ni hélices, le rapport des composantes de la résistance de l'air a été trouvé voisin de $\frac{1}{8}$ et la résultante perçait le plan inférieur à environ $0^m,80$ de son bord antérieur.

Dans l'expérience sur l'appareil complet des équilibreurs conjugués ont été placés à la position dite *de réglage*. On a trouvé un rapport égal à $\frac{1}{6,3}$ et la résultante passait à $0^m,05$ en arrière du bord antérieur du plan inférieur. D'après la position du centre de gravité et celles des axes des hélices, l'appareil aurait eu une tendance à se cabrer dans un vol réel et l'on a ainsi reconnu que l'inclinaison donnée aux équilibreurs ne pouvait convenir pour le vol horizontal. Cette inclinaison devait être corrigée dans une expérience consécutive, qui n'a pu être effectuée par suite d'un accident survenu à l'appareil pendant une bourrasque.

Ces résultats ont été communiqués à Wilbur Wright, qui les a trouvés concordants avec ceux qu'il avait lui-même obtenus. D'après ce même constructeur, le rapport des composantes de la résistance de l'air ne varie pas entre la vitesse de 12^m et celle de 18^m correspondant aux conditions normales de vol de l'aéroplane expérimenté.

ART DES CONSTRUCTIONS. — *Sur les encorbellements de la rue de Rome et du boulevard des Batignolles.* Note de M. **Rabut**, présentée par M. Alfred Picard.

L'établissement de nouvelles voies à la sortie de la gare Saint-Lazare a entraîné un élargissement de la tranchée des Batignolles, qui était déjà bordée de murs de soutènement verticaux le long de la rue de Rome à

gauche et du square des Batignolles à droite. Ni la rue ni le square ne devant être amoindris, on les a rétablis en encorbellement de 7^m ou de 5^m de porte-à-faux au-dessus du chemin de fer, surplombant les murs de soutènement reculés d'autant.

Les encorbellements proprement dits ont été exécutés en béton armé. Chacun d'eux se compose d'un hourdis ou platelage horizontal supporté par des consoles espacées de 5^m à 6^m. Ces consoles étant placées sous le hourdis, leur partie inférieure est comprimée; leur partie supérieure, tendue, est armée par un tirant composé de quatre aciers ronds de 5^{cm} de diamètre qui se prolongent dans l'épaisseur du mur de soutènement et s'accrochent à une poutre longitudinale d'ancrage, également en béton armé.

L'encorbellement de la rue de Rome supporte un trottoir asphalté de 4^m de largeur et 3^m de chaussée pavée en bois.

Le mur de soutènement est établi suivant un profil nouveau : sa largeur courante est de $2^m,50$, soit $\frac{1}{8}$ de la hauteur maxima qui atteint 20^m; il est élargi à sa partie supérieure sur 3^m de hauteur seulement, au moyen d'un massif de béton ordinaire de 2^m d'épaisseur, légèrement armé. A égalité du cube total de maçonnerie et de la poussée des terres, l'élargissement par le haut est équivalent, au point de vue de la stabilité, à l'élargissement par le bas, seul pratiqué jusqu'à ce jour. Mais l'élargissement par le haut, comportant une fouille moins large du pied, réduit le prisme de poussée. Il réduit le cube des déblais à grande profondeur, généralement plus durs et toujours plus coûteux à élever. Enfin, dans une grande ville, il a l'avantage important de moins empiéter sur le sous-sol de la voie publique et d'approcher moins des hautes maisons en contre-bas desquelles on doit le fonder.

Les calculs de résistance de ces deux constructions ont été établis suivant les instructions ministérielles françaises relatives aux travaux en béton armé. En raison de la nouveauté de leurs formes et de leur apparente hardiesse, la fatigue des matériaux a été limitée aux deux tiers des maxima réglementaires. On avait vérifié, par des expériences préalables, que les effets dynamiques des surcharges roulantes ne seraient pas redoutables : ces expériences ont consisté à enregistrer les vibrations du pavage de la rue de Rome au passage des omnibus à traction animale et à propulsion mécanique.

Les résultats des calculs ont été confirmés par les épreuves de résistance exécutées 3 mois après l'achèvement des platelages. Ces épreuves ont consisté à faire circuler sur les trottoirs un train de wagonnets représentant une fois et demie la surcharge réglementaire de 400^{kg} par mètre carré, et sur la chaussée un rouleau compresseur de 33^t, surcharge admise

dans le calcul; on a corsé cette épreuve en faisant passer le rouleau en vitesse sur des planches de 3^{cm} d'épaisseur clouées en travers sur le pavage en bois. L'abaissement total du nez des consoles sous l'ensemble de ces surcharges n'a pas atteint 1^{mm}. On a fait, en outre, circuler un autobus à chargement *complet* (en sacs de sable) à la vitesse de 20^{km} à l'heure, après avoir cloué sur la chaussée des planches de 6^{cm} d'épaisseur; cette épreuve, qu'on n'aurait pu rendre plus rigoureuse sans risquer de rompre les essieux du véhicule, n'a produit aucun abaissement mesurable du nez des consoles.

L'art de construire en béton armé est assez avancé aujourd'hui pour qu'on puisse projeter et exécuter sans aucune imprudence des encorbellements de beaucoup plus grande portée (soit environ le tiers de l'ouverture maxima pratiquée dans les ponts en béton armé, laquelle atteint actuellement 100^{m}). Il se présente dès aujourd'hui un grand nombre d'applications possibles de ce type de construction, qui ne s'accommodait ni de l'emploi de la maçonnerie, privée de la résistance à l'arrachement, ni de celui du métal, trop exposé à la rouille.

PHYSIQUE. — *Sur un rayonnement émis à l'intérieur des lampes à incandescence.* Note de M. L. **Houllevigue**, présentée par M. E. Bouty.

I. Les lampes à incandescence à filament de charbon présentent parfois, lorsqu'elles sont survoltées, une lueur bleuâtre qui remplit toute l'ampoule. Cette lueur est fugitive; il est rare qu'elle dure plus d'une minute, bien que le filament continue à briller; elle s'éteint d'autant plus vite qu'on a survolté davantage; observée au spectroscope, elle montre les principales raies du mercure; lorsqu'on en approche un aimant, elle se concentre suivant le tube de force qui passe par le filament.

L'explication de ce phénomène paraît simple : les électrons émanés du charbon incandescent agissent sur la vapeur de mercure qui reste dans l'ampoule et l'ionisent en produisant le spectre de raies; dans un champ magnétique, ces électrons, émis dans toutes les directions avec de faibles vitesses, s'enroulent en hélice autour d'un tube de force contenant le point d'émission. Enfin, la suppression rapide de la lueur tient, comme nous le verrons tout à l'heure, à une émission de gaz par le filament surchauffé.

II. Pour étudier ce phénomène dans des conditions plus satisfaisantes, une lampe de 50 volts, 16 bougies, à filament de charbon, reliée à une pompe pneumatique Gaede, porte un tube latéral fermé, placé en face de

la boucle du filament. Un diaphragme, percé d'un orifice de 6^{mm} de diamètre, est placé à l'entrée du tube. On fait le vide pendant plusieurs heures, à moins d'un millième de millimètre, en élevant progressivement le voltage de la lampe jusqu'à 75 ou 80 volts.

Dans ces conditions, on voit apparaître la lueur signalée plus haut; elle remplit d'abord l'ampoule, puis traverse brusquement le diaphragme et s'allonge progressivement dans le tube en une colonne dont la longueur peut atteindre 6^{cm} à 7^{cm} Avec deux diaphragmes consécutifs, on obtient un pinceau encore plus net suivant l'axe des deux trous. La lueur, qui montre toujours au spectroscope les raies du mercure [1], a pu être photographiée sur plaque Σ avec 8 secondes de pose (*fig.* 1).



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

La longueur du pinceau lumineux croît avec la température du filament et avec le degré du vide. Une légère rentrée d'air le raccourcit brusquement; mais si on laisse les choses en l'état sans actionner la pompe, sa longueur augmente peu à peu en même temps que le vide croît spontanément; les gaz introduits ont été absorbés par le filament.

Si l'on crée un champ électrique entre le filament et une électrode placée dans le tube, la lueur est repoussée par l'électrode quand le champ part du filament (*fig.* 2): s'il est dirigé au contraire vers le filament, la lueur est attirée par l'électrode, l'entoure et perd en éclat ce qu'elle gagne en étendue.

Tous ces effets sont faciles à expliquer si l'on attribue la lueur à des électrons projetés par le filament; mais l'action d'un champ magnétique est plus inattendue :

Cette action ne se manifeste jamais par une déviation; elle a seulement pour

[1] Ce mercure provient évidemment de la pompe.

effet de raccourcir la longueur du pinceau, quelle que soit la direction du champ. Le phénomène peut s'observer, soit à l'œil nu, soit mieux encore en visant la lueur avec un spectroscope dont la fente est dirigée dans l'axe du pinceau ou normalement à cet axe; on peut ainsi se convaincre de l'absence de toute déviation latérale, tandis qu'on observe sans peine une rétrogradation de la lumière pour un champ axial, de sens quelconque, égal à 5 gauss et pour un champ transversal voisin de 2 gauss.

III. Revenons maintenant à l'action d'un champ électrique et faisons croître la différence positive $V - L$ entre le potentiel V d'une électrode placée dans le tube latéral et le potentiel moyen L du filament. Dès que $V - L$ atteint une certaine limite (voisine de 100 volts dans les conditions de l'expérience), l'aspect change brusquement: une houppe très brillante apparaît en un point de l'électrode; cette houppe se développe à mesure qu'on accroît la différence $V - L$; elle finit (pour $V - L = 150$ volts) par remplir le tube latéral d'une lumière assez vive pour qu'on puisse photographier le phénomène sur plaque Σ avec 3 secondes de pose (*fig.* 3); cette lumière donne un spectre très complet du mercure, où les raies rouges sont beaucoup plus visibles que dans la lampe Cooper Hewitt.

Ainsi, il s'est établi dans la lampe un nouveau régime, plus stable que celui qui a été décrit au paragraphe II, car il peut se maintenir sans que la lampe soit survoltée; en même temps un courant s'écoule entre l'électrode maintenue au potentiel V, qui joue le rôle d'anode, et le filament. L'aspect général est celui d'un tube de Geissler où la chute de potentiel cathodique serait supprimée par l'emploi d'une cathode chaude. Mais la pression reste voisine du millième de millimètre; d'ailleurs, on n'observe rien qui corresponde à la colonne positive du tube de Geissler: une électrode parasite, aboutissant dans le tube, repousse la lueur si son potentiel est inférieur à celui de l'anode; elle l'attire et joue à son tour le rôle d'anode dans le cas contraire. Il résulte de cette règle générale que, si l'on fait passer la lueur entre deux électrodes parallèles dont les potentiels V_1 et V_2 sont l'un et l'autre inférieurs à V, la lueur, repoussée à la fois par les deux électrodes, est rejetée sur le côté, comme si elle était soumise à une action normale au champ $V_1 - V_2$.

D'un autre côté, si l'action d'un champ magnétique faible est conforme aux lois de l'Électromagnétisme, un champ plus fort, obtenu en rapprochant suffisamment un aimant, coupe la lueur en deux, et le segment anodique présente seul la déviation électromagnétique.

On n'observe rien de semblable lorsqu'on fait fonctionner le même appareil en tube de Geissler.

IV. J'ai vainement essayé de reproduire avec les lampes à filaments de tungstène (lampes Osram de 25 volts, 16 bougies) les effets décrits aux paragraphes I et II, bien que la température du filament métallique fût certainement supérieure à celle du charbon. En revanche, les apparences décrites au paragraphe III s'observent facilement, la lampe étant alimentée sous 30 volts.

PHYSIQUE. — *Sur le travail d'aimantation*. Note de M. **A. Leduc**, présentée par M. E. Bouty.

On entend par là le travail nécessaire pour orienter les éléments magnétiques. Les formules qu'on donne ordinairement pour le représenter sont erronées, et d'ailleurs contradictoires.

Dans un récent article, M. Houstoun [1], par exemple, l'écrit

$$d\mathcal{T}_a = \frac{v\mathrm{H}}{4\pi}\,d\mathrm{B}, \tag{1}$$

tandis que Mascart [2], puis Eric Gerard [3] établissent la formule

$$d\mathcal{T}_a = \mathrm{M}\,d\mathrm{H} \quad \text{ou} \quad d\mathcal{T}_a = \mathfrak{I}\,v\,d\mathrm{H}, \tag{2}$$

v représentant le volume d'un barreau de fer doux soumis au champ H, M son moment magnétique dans ce champ, $\mathfrak{I}$ l'intensité d'aimantation et B l'induction. Nous allons voir qu'on doit écrire, au contraire,

$$d\mathcal{T}_a = \mathrm{H}\,d\mathrm{M} \quad \text{ou} \quad d\mathcal{T}_a = \mathrm{H}\,d(v\mathfrak{I}). \tag{3}$$

1. Soit un petit barreau possédant actuellement un moment m, orienté dans le sens du champ. On sait que son énergie dans le champ est $-m\mathrm{H}$, c'est-à-dire que sa destruction sur place produirait un dégagement d'énergie $+m\mathrm{H}$.

Supposons d'abord son magnétisme *rigide*, et laissons-le se déplacer dans la direction du champ croissant : il reçoit un travail $d\mathcal{T}_b = +m\,d\mathrm{H}$. Si, au contraire, il s'agit de fer doux, son moment varie en même temps de dm. Or le travail total reçu est égal à la diminution d'énergie :

$$d\mathcal{T}_{\text{total}} = -d\mathrm{W} = m\,d\mathrm{H} + \mathrm{H}\,dm.$$

---

(1) *Philos. Mag.*, 5e série, t. XXI, janvier 1911, p. 78.

(2) Mascart, *Électricité et Magnétisme*, t. I, p. 431.

(3) Eric Gerard, *Leçons sur l'Électricité*, t. I, 1890, p. 53.

On a donc

$$(3\ bis)\qquad d\mathcal{C}_a = d\mathcal{C}_{\text{total}} - d\mathcal{C}_b = \mathrm{H}\,dm = \mathrm{H}\,d(v\mathfrak{I}).$$

Le raisonnement s'applique à un petit aimant dont l'axe fait avec le champ un angle α. L'énergie est dans ce cas $-\mathrm{H}m\cos\alpha$, le travail de déplacement $m\cos\alpha\,d\mathrm{H}$, et le travail d'aimantation $\mathrm{H}d(m\cos\alpha)$.

Pour un aimant quelconque, $\mathrm{M} = \Sigma m\cos\alpha$, et l'on retrouve bien (3), à condition que H désigne la valeur moyenne du champ dans l'espace occupé par l'aimant.

2. *Autre démonstration.* — L'élément magnétique correspondant à la trajectoire d'un électron peut être considéré comme un aimant de moment $si = \mu\lambda$, constant ou variable, dont l'axe fait un angle α avec la direction du champ. Cet angle diminue de $d\alpha$ lorsque le champ augmente de $d\mathrm{H}$, et l'élément reçoit ainsi un travail

$$d\mathcal{C}_a = -\mathrm{H}\mu\lambda\sin\alpha\,d\alpha = \mathrm{H}\,d(\mu\lambda\cos\alpha).$$

Comme pour un aimant quelconque $\mathrm{M} = \Sigma(\mu\lambda\cos\alpha)$, on retrouve bien encore la formule (3).

3. Mascart établit la formule (2) en introduisant un barreau de fer doux dans un champ parallèle à son axe. Il écrit que le travail reçu par l'aimant quand il passe du champ H au champ $(\mathrm{H} + d\mathrm{H})$ est égal à $\mathrm{M}d\mathrm{H}$, M ayant une valeur qu'on peut considérer comme constante pendant le déplacement élémentaire, et il ajoute qu'il revient au même, au lieu d'amener le barreau dans le champ H, de créer ce champ autour de lui sans le déplacer.

Assurément le moment M obtenu est bien le même, mais le travail reçu par l'aimant est bien cette fois $\mathcal{C}_a$, et non plus le travail absorbé par le déplacement.

De même Eric Gerard considère un feuillet plan normal au champ et écrit que si le champ augmente de $d\mathrm{H}$, l'énergie potentielle du feuillet dans le champ diminue de $\mathfrak{I}v\,d\mathrm{H}$. En réalité elle diminue de $d(v\mathfrak{I}\mathrm{H})$, ainsi que nous l'exprimions plus haut. L'auteur prend le terme correspondant à l'augmentation du champ, au lieu de celui relatif à l'augmentation de $\mathfrak{I}$.

4. Pour se rendre compte de l'erreur de la formule (1), il suffit d'en reprendre la démonstration ([1]). Considérant un tore de fer doux, sur lequel sont enroulés régulièrement N tours de fil, on écrit que l'énergie non dépensée sous forme de chaleur de Joule est, en négligeant les variations de

([1]) Voir, par exemple, Pellat, *Cours d'Électricité*, t. II, p. 235.

volume du fer,

$$W = \int_0^t (e - ir)\, i\, dt = \int_0^H Nsi\, dB = \int_0^H \frac{H}{4\pi} v\, dB.$$

Mais si le fer n'existait pas à l'intérieur du tore, il eût été *réservé*.

$$W_1 = \int_0^H \frac{v}{4\pi} H\, dH = \frac{v H^2}{8\pi}.$$

C'est la différence seulement qui représente le travail d'aimantation :

$$\mathfrak{T}_a = W - W_1 = \int_0^H v H\, d\mathfrak{I} = \int_0^H H\, d(v\mathfrak{I}).$$

Il faut remarquer que l'énergie dépensée pour aimanter un tore ne comprend pas de terme relatif au transport. Celui-ci est gratuit, puisque, le tore étant formé de filets fermés, son potentiel en un point extérieur est nul.

5. *Remarque.* — On sait que les deux termes M dH et HdM ne sont égaux que pour les corps para- ou diamagnétiques. On a alors

$$\mathfrak{T}_a = \mathfrak{T}_b = \frac{MH}{2}.$$

Il faut noter cependant que l'application des formules (1) et (2) aux cycles d'aimantation est sans inconvénient. En effet, après plusieurs cycles parcourus dans le même sens, $\mathfrak{I}$ ne dépend plus de la valeur actuelle de H, de sorte que pour un cycle entier (fermé)

$$\int \mathfrak{I} v\, dH = \int H\, d(v\mathfrak{I}),$$

et d'autre part

$$\int H\, dH = 0.$$

C'est ainsi qu'on a pu calculer sans erreur, au moyen de ces formules, l'énergie dissipée par hystérèse.

CHIMIE. — *Sur la production de l'ammoniaque et l'économie de l'azote de la tourbe.* Note de M. **H. Woltereck.**

Dans ma Note sur la production de l'ammoniaque (*Comptes rendus*, t. 146, n° 3, p. 124), j'ai donné des résultats obtenus dans le traitement de la tourbe par un mélange d'air et de vapeur d'eau.

Il a été prétendu d'autre part que les résultats étaient dus à l'action de la vapeur seule et que l'azote de l'atmosphère n'avait rien à faire à la réaction.

Pour élucider et démontrer cette question j'ai exécuté une série d'expériences en traitant de la tourbe d'abord avec de la vapeur d'eau seule, et traitant ensuite les résidus, après que la formation d'ammoniaque avait fini complètement, et après en avoir déterminé le contenu d'azote, avec un mélange d'air et de vapeur.

Une comparaison des contenus d'azote de la tourbe sèche et des résidus des deux opérations a donné des résultats intéressants. Elle a confirmé mes expériences antérieures et prouvé qu'une augmentation d'azote sensible a pris place dans les résidus derniers (*Comptes rendus*, t. 147, n° 25, p. 1402).

Chacune des expériences des séries A et B comme celle de C de la Table avait une durée de 6 heures. Le dégagement de gaz était terminé avant 3 heures et la formation d'ammoniaque était complètement finie après 5 heures dans la série A.

Les résultats obtenus démontrent d'une façon décisive que le traitement de la tourbe par la vapeur d'eau seule ne produit guère que le tiers de la quantité d'ammoniaque obtenu dans les mêmes conditions par le mélange de vapeur avec de l'air.

Il résulte aussi que la quantité d'azote perdu dans l'action de la vapeur correspond à peu près à celle de l'azote recouvrée sous forme d'ammoniaque.

TABLE. — *Série A. La tourbe traitée par vapeur seule à 450° C.*

	I.	II.	III.	IV.
Tourbe brute (grammes)......	50,0	50,0	100,0	100,0
Humidité (pour 100).........	83,5	29,5	58,0	83,5
1. Matière sèche (gr.)...........	8,25	35,25	42,0	16,5
2. Résidu A (gr.)...............	2,39	12,47	14,31	5,21
Matière gazéifiée (gr.)........	5,86	22,77	27,60	11,29
3. Az total en 1 (gr.)...........	0,3580	1,5290	1,8220	0,7160
Az obtenu comme AzH^3 (gr.)..	0,1180	0,4928	0,6104	0,2426
4. Az contenu en 2 (gr.).........	0,1006	0,5416	0,5938	0,2219
Az perdu (gr.)...............	0,1394	0,4950	0,6180	0,2515
Az en AzH^3 (pour 100)........	32,69	32,23	33,50	33,89
Az dans le résidu A (pour 100).	28,10	35,39	32,60	30,99
Az perdu (pour 100)..........	39,21	32,38	33,90	35,12
Acide acétique (pour 100)....	0,00	0,00	0,00	0,00

Série B. *Les résidus* A *traités par un mélange d'air et de vapeur à* 450° C.

	I.	II.	III.	IV.
5. Matière employée (gr.)	2,0	9,91	13,46	4,88
Résidu B (gr.)	1,0	5,30	5,71	2,10
Matière brûlée (gr.)	1,0	4,61	7,75	2,78
6. Az total en 5 (gr.)	0,0841	0,4301	0,5572	0,2078
Az obtenu comme AzH^3 (gr.)	0,0425	0,1652	0,4341	0,1118
Az dans le résidu B (gr.)	0,0506	0,2671	0,2923	0,1064
Az dans la différence 4 — 6	0,0155	0,1115	0,0366	0,0141
Az excédant	0,0245	0,1137	0,2058	0,0245
Az en AzH^3 (pour 100)	50,53	40,71	77,88	53,41
Az dans le résidu B (pour 100)	60,61	62,11	52,45	51,20
Az en AzH^3 (pour 100 de 3)	44,55	43,03	57,32	49,49
Az dans la matière sèche (p. 100)	4,34	4,34	4,34	4,34
Az dans le résidu A (pour 100)	4,21	4,33	4,14	4,25
Az dans le résidu B (pour 100)	5,06	5,04	5,12	5,07
Acide acétique (pour 100)	0,00	0,00	0,00	0,00

Série C. *La tourbe traitée par un mélange d'air et de vapeur à* 450° C.

Tourbe brute (gr.)	100,0
Humidité (en pour 100)	61,5
Matière sèche (gr.)	38,5
Résidu (cendres) (gr.)	4,2
Matière brûlée (gr.)	34,3
Az total (gr.)	1,6709
Az obtenu comme AzH^3 (gr.)	1,7150 = 102,63 pour 100
Az dans le résidu (gr.)	0,000
Acide acétique (gr.)	0,8593 = 2,31 pour 100

Un résultat inattendu fut le défaut complet de formation d'acide acétique dans la série A des expériences, l'expérience de comparaison C ayant donné un rendement de 2,31 pour 100.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les gaz contenus dans les aciers*. Note [1] de MM. G. Charpy et S. Bonnerot, transmise par M. H. Le Chatelier.

Au cours de nos recherches sur la cémentation, nous avons été amenés à effectuer une longue série d'expériences sur les gaz contenus dans les aciers. Il peut être utile de résumer les principaux résultats que nous avons obtenus

(1) Reçue dans la séance du 24 avril 1911.

sur cette question, qui est loin d'être élucidée, malgré les études importantes dont elle a déjà fait l'objet.

La technique à suivre pour l'extraction des gaz de l'acier peut présenter de nombreuses variantes, entre lesquelles il y aura lieu de choisir ultérieurement. Dans cette première série, nous avons déterminé le volume des gaz que l'on peut extraire en chauffant le métal dans le vide, à la température de 950°, adoptée à la suite d'une série d'observations analogues à celles qui ont été publiées récemment par M. Marcel Guichard. Dans ces conditions, la vitesse du dégagement gazeux diminue assez rapidement pendant les premières heures de chauffage, puis beaucoup plus lentement et semble même tendre vers une limite. Cela conduirait à supposer que les gaz recueillis proviennent en partie d'une réaction qui se produirait progressivement et ne correspondent pas exclusivement à un dégagement de gaz dissous ou occlus. Les observations suivantes nous paraissent confirmer cette manière de voir :

1° Si l'on chauffe dans les mêmes conditions deux échantillons d'un même métal, de même poids, mais amenés à l'état de fragments de dimensions différentes, on obtient aux premiers instants un dégagement beaucoup plus rapide avec les petits fragments, mais la différence s'atténue rapidement et les vitesses de dégagement, ainsi que le volume de gaz dégagé, semblent tendre vers la même limite.

Voici, par exemple, les résultats obtenus sur deux échantillons d'un acier doux Martin, employés l'un sous forme d'une plaquette de 2^{mm} d'épaisseur, l'autre sous forme de copeaux de 0^{mm},1 d'épaisseur. (Les vitesses de dégagement sont exprimées en centimètres cubes de gaz dégagés à l'heure par gramme de métal.)

	Vitesse de dégagement.		Volume total dégagé par 1^{g} de métal.	
Durée du chauffage.	Plaque.	Copeaux.	Plaque.	Copeaux.
Après une demi-journée.......	0,010	0,060	0,03	0,16
Après 1 jour et demi..........	0,025	0,015	0,25	0,29
Après 2 jours et demi.........	0,008	0,008	0,33	0,37
Après 3 jours et demi.........	0,003	0,003	0,36	0,40

2° Si l'on chauffe des poids différents d'un même métal, en copeaux de mêmes dimensions, le volume de gaz dégagé n'est pas proportionnel au poids du métal employé ; le rapport des volumes dégagés est notablement plus petit que le rapport des poids et tend à diminuer quand on prolonge le chauffage.

Ainsi, en chauffant deux échantillons d'un acier Martin en copeaux de 0^{mm},1 d'épaisseur, pesant l'un 5^{g} et l'autre 1^{g}, nous avons obtenu, au bout d'un jour, environ 2,5 fois plus de gaz dans le premier cas que dans le second. Après 8 jours de chauffage, le volume dégagé par le deuxième échantillon atteignait les $\frac{2}{3}$ du volume dégagé par le premier.

3° Enfin, quand on chauffe un même métal sous des pressions variables, on obtient des dégagements qui, au début, sont plus importants si la pression est faible, mais qui, à la longue, tendent à s'égaliser. Ainsi, nous avons chauffé pendant 11 jours des copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur, en acier Martin à 0,80 pour 100 de carbone, soit en maintenant la pression au-dessous de $\frac{1}{1000}$ de millimètre par un fonctionnement continu de la trompe, soit en maintenant cette pression entre $\frac{6}{10}$ et $\frac{8}{10}$ de millimètre de mercure, soit une valeur moyenne environ 600 fois plus forte.

Le volume total de gaz dégagé a été trouvé :

	Sous pression de 0,001.	Sous pression de 0,6.
Après 4 jours	1,19	0,90
Après 11 jours	1,46	1,30

Il semble donc bien que dans les conditions expérimentales indiquées, il se produit sur le métal chauffé une réaction donnant naissance à un dégagement de gaz. Parmi les causes qui peuvent donner lieu à cette réaction, il faut considérer spécialement la vapeur d'eau que le mercure de la trompe peut entraîner dans sa circulation continue et qui vient réagir sur le métal chauffé ou plus exactement sur le carbone de l'acier chauffé, en donnant une production lente, mais indéfinie, d'un mélange gazeux d'hydrogène et d'oxyde de carbone.

En multipliant les précautions pour éviter cette rentrée de vapeur d'eau, en chauffant le mercure après chaque passage et intercalant plusieurs tubes à anhydride phosphorique entre la trompe et le tube chauffé, nous avons vu diminuer graduellement l'importance du dégagement continu de gaz pendant les chauffages prolongés, mais sans pouvoir l'annuler complètement. Il est fort possible aussi que le tube en porcelaine dégage à haute température de petites quantités de vapeur d'eau qui ne peuvent être reconnues quand on chauffe le tube vide, car elles ne se transforment en gaz susceptibles d'être extraits par la trompe que par réaction sur le métal chauffé.

La technique, qui consiste à extraire les gaz des métaux par chauffage dans le vide, nécessite donc de grandes précautions expérimentales et laisse encore place à quelque incertitude en ce qui concerne l'origine des gaz extraits; il sera utile de comparer les résultats obtenus à ceux fournis par des procédés très différents, tels que la méthode par voie humide de M. Goutal.

Sous réserve des observations qui précèdent, nous donnons ci-après les résultats que nous avons obtenus pour des métaux de deux nuances de dureté, obtenus par des procédés métallurgiques différents. Les volumes de gaz sont exprimés en centimètres cubes fournis par un gramme de métal pris sous forme de copeaux de $0^{mm},1$ d'épaisseur, chauffé à 950°.

	Volume de gaz recueilli	
	après 5 heures.	après 3 jours et demi.
Acier dur Martin (0,90 pour 100 de carbone).......	0,65	0,98
Acier dur électrique (1,05 pour 100 de carbone)....	0,55	0,75
Acier dur au creuset (1,20 pour 100 de carbone)....	0,53	0,69
Acier doux électrique (0,10 pour 100 de carbone)...	0,24	0,31
Acier doux Martin (0,10 pour 100 de carbone).....	0,29	0,41
Acier extra-doux Martin (0,07 pour 100 de carbone).	0,40	0,70
Acier extra-doux Thomas (0,04 pour 100 de carbone).	0,79	1,06

La proportion d'oxyde de carbone contenue dans ces gaz est restée comprise entre 26 et 32 pour 100.

Enfin, nous signalons qu'ayant déterminé les points critiques dans le vide d'un acier dur et d'un acier doux, nous n'avons relevé aucune variation dans la température ni dans l'intensité des dégagements thermiques observés avant ou après l'extraction des gaz.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'oxychlorure de carbone sur les sulfures artificiels et naturels.* Note de M. **Ed. Chauvenet**, présentée par M. H. Le Chatelier.

J'ai montré récemment (¹) que l'oxychlorure de carbone réagit très aisément sur les oxydes en les transformant en chlorures anhydres. J'ai indiqué en outre (²) que $COCl^2$ peut être utilisé très commodément pour l'attaque et pour l'analyse des oxydes naturels, et que ce procédé s'applique particulièrement avec succès à l'attaque du wolfram, du rutile, etc. Ce procédé (comme celui de M. Bourion) présente, sur les autres méthodes analytiques, l'avantage d'être très rapide; c'est pourquoi il m'a paru intéressant de l'appliquer à l'attaque et à l'analyse des sulfures, minéraux très répandus dans la nature.

J'ai d'abord commencé par faire agir $COCl^2$ sur les divers sulfures artificiels que j'avais à ma disposition, en conservant le même dispositif très simple qui m'avait servi pour la transformation des oxydes en chlorures, à savoir : le sulfure, préalablement pulvérisé, est placé dans une nacelle

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 87.

(²) Communication verbale faite à la Société chimique de France (section de Montpellier) dans la séance du 17 mars 1911.

disposée dans un tube en verre d'Iéna, en communication avec la bombe de phosgène et chauffé sur une grille à analyse.

Dès que la température limite est atteinte, on constate que la réaction est presque instantanée, ce qui est révélé, soit par l'apparition du chlorure qui se sublime en avant du tube, s'il est volatil, soit par le changement de coloration de la substance.

La réaction est la suivante :

$$MS + COCl^2 = MCl^2 + COS \text{ (}^1\text{)}.$$

Résultats obtenus :

Nature du sulfure.	Température approximative de la réaction.	Nature de la combinaison formée.
Sb^2S^3	300°	$SbCl^3$
Bi^2S^3	350	$BiCl^3$
BaS	400	$BaCl^2$
ZnS	400	$ZnCl^2$
CdS	400	$CdCl^2$
CuS	450	$CuCl^2$
HgS	350	$HgCl^2$
PbS	350	$PbCl^2$
FeS^2	350	Fe^2Cl^6
MnS	450	$MnCl^2$
NiS	450	$NiCl^2$

Les températures d'attaque sont donc assez basses.

Il convient de remarquer encore que la décomposition des sulfures par $COCl^2$ est moins exothermique que la transformation des oxydes en chlorures par la même combinaison chloro-réductrice.

En effet, dans la réaction

(1) $$MO + COCl^2 = MCl^2 + CO^2,$$

à la différence de chaleur de formation entre le chlorure et l'oxyde correspondant (différence presque toujours positive, $MCl^2 - MO > O$) il faut encore ajouter 50^{Cal}, nombre qui mesure la quantité de chaleur dégagée dans le passage de $COCl^2$ à CO^2.

Au contraire, dans la réaction

(2) $$MS + COCl^2 = MCl^2 + COS$$

---

(1) Cette réaction peut servir à préparer l'oxysulfure de carbone comme l'ont fait MM. Nuriesan et Weigert (*Ber. chem. Gesell.*, t. XXIV, 1891, p. 2967, et t. XXXVI, 1903, p. 1007).

du total précédent, il faut retrancher environ 65^{Cal} qui représente la différence entre le passage de $COCl^2$ à CO^2 et le passage de $COCl^2$ à COS, et d'autre part ajouter la différence (MO — MS), qui, il est vrai, est toujours positive, mais n'atteint 65^{Cal} que dans des cas exceptionnels (Mg, Al, etc.). Cependant la réaction (2) est encore exothermique et toujours possible, au moins dans tous les cas énumérés plus haut.

J'ai appliqué enfin ce procédé de chloruration à l'analyse de certains minéraux sulfurés, notamment la galène, la blende, la bournonite, le cinabre, etc.; les résultats ont toujours été satisfaisants.

A titre d'exemple, je vais indiquer brièvement la marche d'une opération effectuée pour l'analyse d'une blende. L'appareil est le même que celui qui a été utilisé précédemment, l'extrémité du tube s'engage dans un petit ballon bitubulé destiné à condenser et à recueillir les chlorures volatils. L'échantillon que j'ai analysé renfermait, outre le sulfure de zinc, des sulfures de fer et de cuivre, et des traces de sulfures d'arsenic et d'antimoine; le tube étant porté à une température de 500° environ, on voit apparaître immédiatement le chlorure de fer qui vient se condenser dans les parties froides de l'appareil, entraînant avec lui $AsCl^3$ et $SbCl^3$, il est facile ensuite de doser ce mélange; quant aux chlorures de cuivre et de zinc (non volatils à cette température), ils restent dans la nacelle et on les sépare par les réactifs ordinaires.

En résumé, l'oxychlorure de carbone convient parfaitement à la transformation des sulfures en chlorures anhydres et l'on peut fonder sur cette réaction un procédé commode d'attaque et de dosage des sulfures naturels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Bromuration de quelques composés hydroaromatiques.* Note de MM. F. **Bodroux** et F. **Taboury**, présentée par M. Troost.

L'action du brome, soit seul, soit en présence du bromure d'aluminium, sur les carbures hydroaromatiques retirés des pétroles russes, ayant été étudiée par un certain nombre de savants (Baeyer, Markownikof, Kijner, etc.), il nous a paru intéressant de reprendre les expériences déjà faites, en utilisant les carbures synthétiques que fournit la belle méthode d'hydrogénation de MM. Sabatier et Senderens.

A sa température d'ébullition, à l'ombre, le *cyclohexane* n'est sensiblement pas attaqué par le brome; au soleil, la réaction est régulière, elle

donne lieu à un abondant dégagement d'acide bromhydrique et fournit le bromure de cyclohexyle avec un rendement de 55 pour 100.

Pensant que les radiations ultraviolettes favoriseraient la formation de ce dérivé bromé, nous avons mis en contact, dans un ballon de quartz, placé à l'ombre et à $0^{m},15$ d'une lampe à arc en quartz en activité, le cyclohexane bouillant et le brome : il n'y a pas eu de réaction.

Le *bromure de cyclohexyle* est attaqué régulièrement, à sa température d'ébullition et au soleil, par le brome. En opérant avec les quantités de substances calculées pour obtenir le dibromocyclohexane, nous avons préparé l'isomère 1.2, avec un rendement de 22 pour 100. La majeure partie du bromure de cyclohexyle se retrouve inaltérée à la fin de cette opération, dans laquelle il se forme, en petite quantité, divers produits polybromés qu'il est impossible de séparer.

Nous avons fait agir, pendant plusieurs heures, à la température ordinaire et à l'ombre, un grand excès de brome, renfermant en dissolution 1 pour 100 d'aluminium sur divers composés hydroaromatiques. Voici les résultats obtenus :

Le *cyclohexane* et le *bromure de cyclohexyle* ont donné des liquides visqueux d'où il a été impossible d'extraire un composé défini.

Le *dibromocyclohexane* 1.2 et le *cyclohexène* se sont transformés à peu près quantitativement en benzène hexabromé $—C^6Br^6$.

Le *méthylcyclohexane* et les *méthylcyclohexènes* 1.2 *et* 1.4 fournissent un produit visqueux et un produit solide qu'on sépare à l'aide de l'éther. Le produit solide est un mélange de plusieurs composés dont le plus abondant est le *pentabromotoluène* $C^6Br^5-CH^3$ (rendement : 20 à 25 pour 100).

Le *diméthylcyclohexane* 1.3 fournit de même une substance visqueuse et une masse solide. Celle-ci possède, après cristallisation, la composition du tétrabromoxylène $C^6Br^4\begin{matrix}—CH^3\\—CH^3\end{matrix}$ et paraît constituée par un mélange de trois isomères.

Enfin, le *menthène* et le *thymomenthène*, quelles que soient les conditions dans lesquelles on se place, ne donnent naissance qu'à des liquides visqueux.

Les résultats que nous avons obtenus, dans la bromuration, en présence du bromure d'aluminium, diffèrent en quelques points avec ceux qu'ont signalés divers savants. Le cyclohexane nous a toujours donné un produit visqueux, alors que MM. Kijner (1) Markownikof (2) le signalent comme

(1) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXIII, p. 20.

(2) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXX, p. 151.

fournissant un produit solide fusible entre 121° et 125°. Le méthylcyclohexane ne s'est, dans nos expériences, transformé que partiellement en toluène pentabromé, alors qu'il est signalé par MM. Kijner ([1]), Markownikof ([2]), Zelinski et Generosoff ([3]) comme fournissant quantitativement ce dérivé bromé aromatique.

Quelle est la cause de ces différences? Nous l'ignorons. Peut-être réside-t-elle, quoique cela paraisse peu vraisemblable, dans la non-identité de constitution des hydrocarbures employés par les savants étrangers cités plus haut et par nous-mêmes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un dinaphtothiophène.* Note de M. **Lanfry**, présentée par M. A. Haller.

Dans une récente Communication ([4]) j'indiquais, parmi les produits de la réaction du soufre sur la naphtaline à la température du rouge, un corps cristallisant en écailles nacrées. C'est l'objet de cette Note.

On l'obtient avec un rendement de 0,3 à 0,5 pour 100. Il se présente, après un certain nombre de cristallisations dans le benzène, sous forme d'écailles légères, brillantes, nacrées, jaunâtres quand on les voit en masse. Il fond à 250°,5 (corr.) et bout sans décomposition notable au delà de 440° (S bouillant). Il est soluble dans le benzène bouillant, très peu soluble à froid (moins de 0,2 pour 100 à + 5°), soluble dans le chloroforme et le chlorure de carbone, peu soluble dans $C^2H^4O^2$, l'acétone et le sulfure de carbone, pratiquement insoluble dans les alcools éthylique et amylique, l'éther sulfurique et l'éther de pétrole.

L'acide sulfurique à 66° B. froid ne l'altère nullement. La solution sulfurique d'isatine, les solutions sulfurique ou acétique de phénanthrène-quinone ne donnent avec lui aucune coloration.

L'analyse a indiqué la composition centésimale suivante : $C = 84,28$; $H = 4,84$; $S = 11,58$. Elle correspond à la formule $C^{20}H^{12}S$ pour laquelle $C = 84,50$; $H = 4,25$; $S = 11,25$.

([1]) *J. Soc. ph. ch. russe*, t. XXXI, p. 1033.
([2]) *Lieb. Ann.*, t. CCCXLI, p. 118.
([3]) *J. S. ph. ch. russe*, t. XXVIII, p. 316.
([4]) *Comptes rendus*, 9 janvier 1911, p. 92.

Le poids moléculaire a été trouvé, par la méthode cryoscopique en solution naphtalénique, égal à 270. La formule $C^{20}H^{12}S$ exige 284.

L'oxydation par la solution acétochromique a fourni uniquement de l'acide *o*-phtalique.

Ces données permettent d'établir pour ce composé l'une des formules de constitution suivantes :

```
       CH                CH                    CH                CH
     /    \            /    \                /    \            /    \
   CH      CH        CH      CH            CH      CH        CH      CH
   |        |        |        |            |        |        |        |
   CH       C        C       CH            CH       C    S    C      CH
     \    /   \    /   \    /         ou     \    /   \ / \ /   \    /
       C        C---C       C                  C       C   C       C
       |        |   |       |                  |       |   |       |
   CH           |   |          CH          CH          |   |          CH
     \    /   \    /   \    /                  \    /   \ / \    /
      CH   C     S     C   CH                    CH     C---C     CH
```

Ce sont celles de deux *dinaphtothiophènes* isomères, dans lesquelles deux groupes naphtaléniques se sont conservés, unis entre eux par un noyau thiophénique à carbones communs avec eux.

On connaît déjà un composé $C^{20}H^{12}S$ répondant, d'après Henriques qui l'a découvert, à l'une de ces deux formules, et décrit (1) sous le nom de *dinaphtylène-tiophène*. Il fond à 147°.

Le brome, ajouté en excès au dinaphtothiophène, l'attaque énergiquement en dégageant d'abondantes fumées de HBr. Après élimination de l'excès de brome par évaporation à l'air et dessiccation à 100°, on obtient un résidu jaune terne, un peu soluble dans le benzène, pratiquement insoluble dans tous les autres solvants et ne cristallisant pas de sa solution benzénique. Il fond à 260° en un liquide brun.

C'est un dérivé *hexabromé*, comme l'indique l'analyse : S = 4,27 pour 100, Br = 64,35. Étant donnée l'impossibilité de purifier ce composé incristallisable, ces chiffres sont suffisamment voisins de ceux qu'exige la formule $C^{20}H^{6}Br^{6}S$: S = 4,20 pour 100, Br = 63,33.

Oxydé par l'acide chromique en solution acétique, le dérivé perd une partie de son brome et fournit l'acide dibromophtalique-3.6, fusible à 135°. Cela permet d'attribuer à l'hexabromodinaphtothiophène la formule

---

(1) *Berichte d. d. ch. Ges.*, 27e année, p. 2993.

de constitution suivante :

```
          CH                     CH
        /  5 \\                //   \
  CH|4       6|CBr       CBr|        |CH
    ||        |                |        ||
 CBr|3       1|C            C|        |CBr
       \ 2  //   \        /   \\   /
        C|          C — C           |C
         |          ||  ||          |
    CBr|           |    |           |CBr
        \\       /  \  /  \       //
          CH    C     S     C    CH
```

ou son isomère en admettant, par raison de symétrie, que le troisième Br, celui que l'oxydation a libéré, était, comme les deux autres, fixé sur le carbone le plus voisin des carbones communs aux noyaux benzéniques du naphtalène.

L'acide nitrique fumant est sans action sur le dinaphtothiophène à froid et à 100°. A l'ébullition, il le dissout en un liquide rouge, d'où l'eau précipite de volumineux flocons d'un beau jaune orangé. Lavés et séchés, ces flocons donnent une poudre jaune fusible vers 210° en un liquide orangé. Elle est très peu soluble à froid, un peu plus à chaud, dans le benzène; très peu soluble dans l'alcool, peu soluble dans le chloroforme, soluble à froid dans l'acétone; l'éther sulfurique, l'éther de pétrole, le sulfure de carbone, l'acide acétique ne la dissolvent pas. Ses solutions, jaunes, ont des propriétés acides et virent au rouge par les alcalis.

L'analyse fournit les chiffres suivants, qui correspondent au dérivé *tétranitré :* $S = 6,45$ pour 100, $N = 12,05$; calculé pour $C^{20}H^{8}(NO^{2})^{4}S$: $S = 6,89$, $N = 12,07$.

L'acide sulfurique à 66° B. est sans action sur le dinaphtothiophène à la température ordinaire; à 100° il le noircit et le dissout lentement. A l'ébullition, la carbonisation est complète.

L'acide fumant à 10 pour 100 de SO^{3} carbonise lentement les cristaux nacrés, dès la température ordinaire. En aucun cas, on n'obtient de dérivé sulfoné par action directe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les oxy-indazols.* Note de M. P. Freundler, présentée par M. A. Haller.

L'action du perchlorure de phosphore, à basse température, sur les acides azoïques orthosubstitués, donne naissance à des composés chlorés

que, pour diverses raisons, j'ai été amené à considérer comme des oxy-indazols chlorés [1] :

$$C^6H^4\left\langle{CO^2H \atop Az = Az.C^6H^5}\right. + PCl^5 = HCl + POCl^3 + C^6H^3Cl\left\langle{C.OH \atop Az}\right\rangle Az.C^6H^5.$$

Ayant poursuivi cette étude, j'ai pu démontrer directement la constitution de ces produits, dont j'ai déterminé également les propriétés essentielles [2].

I. *Constitution.* — L'existence du noyau indazylique et la position du groupe OH et des atomes de chlore résultent des faits suivants :

Lorsqu'on chauffe au bain-marie un mélange d'oxychlorure et de pentachlorure de phosphore (1^{mol}) avec le dichloroxyphénylindazol décrit antérieurement (*loc. cit.*), on obtient un *dérivé trichloré* (aiguilles blanches, fusibles à 172°,5, aisément sublimables), de formule $C^{13}H^7Az^2Cl^3$. Cette substance est identique à celle qu'on obtient en faisant agir le chlore (3^{mol}) sur une solution acétique de phénylindazol ; c'est donc un trichlorophénylindazol. De plus, quand on l'oxyde par l'acide chromique acétique, on le transforme en un *acide benzène-azo-dichlorobenzoïque* (petits prismes rouges fusibles à 142°-143°), dont la constitution résulte du fait que l'hydrosulfite de soude le scinde facilement en aniline et en acide dichloro-3.5-amino-2-benzoïque déjà connu. Cet acide azoïque se forme aussi par oxydation directe du dichloroxyphénylindazol.

Il s'ensuit que : 1° les oxyphénylindazols renferment bien le noyau indazylique ; 2° que le groupement OH de l'oxy-indazol et l'atome de chlore qui le remplace dans le trichlorophénylindazol sont fixés sur le carbone central (7) ; 3° que les 2^{at} de chlore du noyau se trouvent en position 3 et 5 :

C.OH / Cl (5) ... Cl (3) / Az.C^6H^5 / Az

Oxydichlorophénylindazol (fus. 187°).

CCl / Cl (5) ... Cl (3) / Az.C^6H^5 / Az

Trichlorophénylindazol (fus. 172°,5).

---

(1) *Comptes rendus*, t. 143, p. 909.

(2) Je dois rappeler ici que MM. Weiler et Kobylinski, d'une part, et MM. Grandmougin et Freimann, d'autre part, ont décrit deux dérivés oxy-indazyliques obtenus par des procédés assez différents. Je citerai aussi les beaux travaux de M. Bamberger sur l'aldéhyde *o*-azoxybenzoïque, au cours desquels ce savant a obtenu l'acide oxy-indazylbenzoïque et sa lactone, décrits quelque temps auparavant par M. Carré et par moi.

Cette démonstration comporte en outre comme conséquence la fixation de la formule des dérivés bromés, nitrés et sulfonés du phénylindazol [1], qui sont évidemment aussi substitués en position 3, 5 et 7. C'est ce que je me propose de vérifier incessamment.

II. *Propriétés des oxy-indazols.* — *a*. Le groupement OH confère à ces corps des propriétés analogues à celles des phénols.

En effet, le dichloroxy-indazol se dissout dans l'ammoniaque et les alcalis en formant des sels stables (*sel de potassium* en paillettes blanchâtres, solubles dans l'eau et l'alcool), que l'acide carbonique décompose partiellement. Il fournit un *éther méthylique*, $C^6H^2Cl^2C(OCH^3)N^2C^6H^5$, en prismes fusibles à 144°,5, et un *dérivé benzoylé*, $C^6H^2Cl^2.C(O^2C^7H^5)N^2.C^6H^5$, en aiguilles fusibles à 204°, par action respectivement du sulfate de méthyle et du chlorure de benzoyle en présence d'alcali. Avec le chlorure d'acétyle (mais non l'anhydride acétique), on obtient un *acétate* en gros prismes fusibles à 133°. En revanche, l'oxy-indazol ne se condense pas avec le phénol, comme le fait le triphénylcarbinol, en présence d'acide sulfurique.

b. Les oxy-indazols ont des propriétés basiques faibles.

Ils donnent, en milieu anhydre ($CHCl^3$), des *chlorhydrates* dissociables par l'eau. Ils s'unissent aussi à l'oxychlorure de phosphore, *sans dégagement d'acide chlorhydrique*, pour former des composés du type $C^6H^2Cl^2.C(OH)N^2.C^6H^5, POCl^3$, décomposables par l'eau.

c. Le noyau des oxy-indazols (comme d'ailleurs celui du phénylindazol) présente deux points facilement attaquables (positions 3 et 5).

Ainsi, l'action du chlore non desséché sur le mélange des oxyphénylindazols monochlorés 3 et 5 fournit de l'acide dichloro-3.5-benzène-azobenzoïque fusible à 143°. Dans les mêmes conditions, l'acide azoïque monochloré-5 n'a pas été transformé.

d. Enfin, la caractéristique des oxyphénylindazols est leur transformation extrêmement facile en acides azoïques correspondants.

Cette oxydation peut être réalisée par le permanganate à froid, par l'acide azotique ordinaire (quantité théorique) en solution acétique froide à 5 pour 100, et mieux encore par l'hypochlorite de soude en solution alcaline (quantité théorique). Dans ce dernier cas, si l'on opère à froid, on peut isoler un produit intermédiaire (paillettes vertes), *exempt d'alcali*, qui réagit sur l'iodure de potassium en présence d'acide acétique; cette substance se transforme d'ailleurs spontanément au contact des eaux mères, lentement à froid, très vite à chaud, en acide azoïque correspondant. Je poursuis actuellement l'étude de cette singulière réaction.

---

(1) Paal et Lücker, *D. ch. G.*, t. XXVII, p. 48.

J'ajouterai en terminant que la transformation des acides azoïques en oxy-indazols chlorés peut être réalisée par le chlorure d'acétyle ou même le gaz chlorhydrique, à condition toutefois que le noyau carboxylé porte déjà une substitution en position 5 (acide benzène-azo-chloro-5-benzoïque, etc.). Si le noyau n'est pas substitué, on obtient des produits absolument différents.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses d'alcools tertiaires α-cétoniques.* Note de M. D. GAUTHIER, présentée par M. A. Haller.

La réaction de Blaise qui permet de passser des cyanhydrines aldéhydiques $R_1 - CHOH - CAz$ aux alcools secondaires α-cétoniques

$$R_1 - CHOH - CO - R_2,$$

ainsi que nous l'avons indiqué dans une précédente Note [1], s'applique tout aussi bien aux cyanhydrines des acétones $\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>COH - CAz$ qu'elle transforme en alcools tertiaires α-cétoniques du type

$$\begin{matrix}R_1\\R_2\end{matrix}\!\!>COH - CO - R_3$$

Ces nouveaux alcools cétoniques se distinguent des précédents parce qu'ils ne réduisent plus, même à chaud, la liqueur cupro-potassique, ni l'azotate d'argent ammoniacal.

1° *Méthyl-2-oxy-2-butanone-3* $CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}OH - CO - CH^3$: obtenue avec un rendement de 75 pour 100 en traitant $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>COH - CAz$ par CH^3MgI; constitue un liquide incolore, mobile, dont l'odeur rappelle celle de la menthe sauvage, bouillant à 79° sous 730^{mm}. Se prête très bien à la réaction de Legal et fournit, quoique plus lentement que les acyloïnes déjà étudiées, une semi-carbazone cristallisée fondant à 180°.

Schmidt et Austin [2] ont déjà décrit comme étant l'oxy-isopropylméthylcétone un liquide résultant de la décomposition par l'acide chlorhydrique de la méthoxy-isopropylméthylcétoxime. Ce liquide, qui bout

---

[1] *Comptes rendus*, t. 152, p. 1100.

[2] SCHMIDT et AUSTIN, *D. ch. G.*, t. XXXV, p. 3724.

à 141°-142° sous 745mm et dont la semi-carbazone fond à 164°-165° est loin de ressembler à celui que nous avons obtenu, lequel a pourtant sa constitution justifiée par son mode de formation et ses réactions. Ce mode de formation trouve lui-même une vérification dans ce fait qu'en traitant, d'une façon analogue, le même oxynitrile initial $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CAz$ par $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CHMgI$ nous avons retrouvé l'oxycétone

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CO - CH\!<\!\!\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}$$

que Blaise et Herman ([1]) ont récemment obtenue par hydratation de la méthovinylisopropylcétone.

D'ailleurs, *a priori*, les conclusions de Schmidt et Austin paraissent inadmissibles si l'on établit le parallèle suivant : dans les composés bien connus

	Ébullition.		Ébullition.
$CH^2OH - CAz$..........	183°	$CH^2OH - CO - CH^3$...	145°-146°
$CH^3CHOH - CAz$......	182°-184°	$CH^3CHOH - CO - CH^3$.	144°-145°

la substitution à $- CAz$ du groupement $- COCH^3$ provoque un abaissement du point d'ébullition d'environ 40°. Il semble donc tout naturel qu'il en soit encore ainsi lors du passage de

$$\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CAz \quad \text{ébull. } 120° \quad \text{à} \quad \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CO - CH^3$$

et que le point d'ébullition de ce dernier corps soit, par conséquent, voisin de 80°. C'est bien là le résultat que nous fournit l'expérience, alors que le chiffre de Schmidt et Austin (141°-142°) s'éloigne considérablement de cette valeur.

Avec l'idée de pouvoir obtenir de la pinacone, nous avons soumis notre oxycétone à l'action de CH^3MgI; mais, cette fois, la fonction alcoolique seule est entrée en jeu, car le traitement par l'eau a simplement régénéré l'alcool cétonique.

2° *Méthyl-2-oxy-2-pentanone-3* $CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{COH}} - CO - CH^2 - CH^3$:

obtenue par l'action de C^2H^5MgBr, sur $\begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!COH - CAz$; bout à 96°-98° sous 725mm.

([1]) Blaise et Herman, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XX, p. 173.

3° *Méthyl-3-oxy-3-pentanone-2* $CH^3 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{COH}} - CO - CH^3$:

obtenue par l'action de CH^3MgI sur $\begin{matrix} C^2H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!COH - CAz$; bout à 94° sous 729^{mm}.

Nous nous proposons d'appliquer la méthode de synthèse que nous venons d'établir à la préparation des alcools α-cétoniques primaires $R - CO - CH^2OH$ pour faire ensuite une étude d'ensemble des trois types d'alcools α-cétoniques, primaires, secondaires, tertiaires et de leurs dérivés.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Examen cristallographique de quelques fluorures obtenus par M. Henri Moissan et ses élèves.* Note [1] de M. A. DE SCHULTEN, présentée par M. A. Lacroix.

Bifluorures. — $BaFl^2$ (M. C. Poulenc), très petits octaèdres réguliers, à bons reflets. Isotrope. L'angle a^1a^1 mes. 70°23', calc. 70°32'. Clivages octaédriques nets (l'angle des faces de clivage mes. 109°43', calc. 109°28'), comme dans la fluorine.

$SrFl^2$ (M. C. Poulenc), octaèdres réguliers, à bons reflets. Isotrope. L'angle a^1a^1 mes. 109°28'. Clivages octaédriques nets (l'angle des faces de clivage mes. 109°49').

$MnFl^2$ (MM. Moissan et Venturi), prismes quadratiques rose clair. Les reflets sont bons, en général. On observe les faces $m(110)$ et $a^1(101)$. On a mesuré $mm(110)(\bar{1}10)$ 90°0', $mm(110)(1\bar{1}0)$, 89°57', a^1m $(101)(110)$ *66°26', d'où $c = 0,6856$. Isomorphe avec la sellaïte ($c = 0,6596$). Sur les faces m l'extinction est longitudinale. Une lame taillée perpendiculairement à l'axe c montre la croix des cristaux uniaxes. Le signe est positif, comme dans la sellaïte. Clivages nets suivant m, comme dans la sellaïte. Les cristaux sont tantôt de longs prismes quadratiques sans facettes nettes aux extrémités; tantôt des prismes aplatis, terminés à l'une des extrémités par une seule face $a^1(101)$. On observe aussi des macles suivant a^1, comme sur la sellaïte. Ces macles sont hémiédriques. Ils présentent les faces $m(110)$ et $m(\bar{1}\bar{1}0)$, dominante, $a^1(101)$, $a^1(011)$, $a^1(\bar{1}0\bar{1})$ et $a^1(0\bar{1}\bar{1})$. L'angle sortant $mm(110)(\bar{1}\bar{1}0)$ a été trouvé égal

(1) Présentée dans la séance du 1er mai 1911.

à 47° 5′, calc. 47° 8′. Dans les macles, l'extinction sur m se fait sous un angle de 24° avec la trace de la macle (calc. 25° 15′).

$NiFl^2$ (M. C. Poulenc), prismes quadratiques verts, isomorphes avec $MnFl^2$ et présentant les mêmes faces et macles hémiédriques que celui-ci. On a mesuré $mm(110)(\bar{1}10)$ 90° 5′, $mm(110)(1\bar{1}0)$ 89° 54′, a^1m (101)(110) *66° 52′, d'où $c = 0,6682$. Sur les macles on a mesuré l'angle sortant $mm(110)(\bar{1}\bar{1}0)$ 46° 11′, calc. 46° 16′. Les extinctions sont longitudinales, le signe est positif. Clivages nets suivant m.

$CoFl^2$ (M. C. Poulenc), petits prismes quadratiques roses (mm mes. 89° 56′) avec a^1(101). Les cristaux sont trop petits pour permettre de mesurer l'angle a^1m. Sur m les extinctions sont longitudinales. Le signe est positif.

$FeFl^2$ (M. C. Poulenc), petits prismes quadratiques jaunâtres (mm mes. 90° 4′), a^1m 66° environ. Les cristaux sont trop petits pour permettre de mesurer cet angle plus exactement.

Fluorures doubles. — $CdFl^2$, 2KFl (M. C. Poulenc), tables quadratiques incolores. Faces : $p(001)$, $m(110)$, $b^{\frac{1}{2}}(111)$. Angles mesurés : $b^{\frac{1}{2}}p$ (111)(001) *74° 0′, $b^{\frac{1}{2}}b^{\frac{1}{2}}(111)(11\bar{1})$ 31° 58′ (calc. 32° 0′), $pm(001)(110)$ 90° 0′, d'où $c = 2,466$. Les cristaux sont uniaxes, positifs.

$NiFl^2$, 2KFl (M. C. Poulenc), tables quadratiques vertes, ayant jusqu'à 1^{cm} de côté. Les reflets sont mauvais. Faces : p, m et rarement $b^{\frac{1}{2}}$, peu développée ($b^{\frac{1}{2}}p$ 73° 34′, mesure approximative). Les cristaux sont uniaxes négatifs. Examinés sur une face m ils ne montrent pas de pléochroïsme.

$CoFl^2$, 2KFl (M. C. Poulenc), tables quadratiques rouges, offrant les mêmes faces que les fluorures précédents ($b^{\frac{1}{2}}p$ 72° 50′). Les cristaux sont uniaxes négatifs et pléochroïques sur une face m.

$ZnFl^2$, 2KFl² (M. C. Poulenc), tables quadratiques incolores, offrant les mêmes faces que les composés précédents ($b^{\frac{1}{2}}p$ 72° 7′ appr.). Les cristaux sont uniaxes négatifs.

Tous ces fluorures doubles ont des clivages nets suivant p et m.

Sesquifluorures. — Cr^2Fl^6 (M. C. Poulenc), petits cristaux rhomboédriques verts, souvent très allongés suivant un axe quaternaire. Un des plus gros cristaux mesure $0^{mm},25 \times 0^{mm},1 \times 0^{mm},04$. Les reflets sont bons. On observe seulement la surface $p(10\bar{1}1)$. Pour les trois angles $(10\bar{1}1)(\bar{1}101)$, $(\bar{1}101)(0\bar{1}11)$ et $(0\bar{1}11)(10\bar{1}1)$, on a trouvé les va-

leurs 93°0′, *92°56′ et 92°56′. Les cristaux sont souvent maclés suivant $b^1(01\bar{1}2)$, comme la calcite. Ces macles répétées se révèlent par des stries, sur $(10\bar{1}1)$ perpendiculaires à la direction de l'axe c, et sur $(\bar{1}011)$ et $(0\bar{1}11)$ parallèles à l'arête de ces deux faces. L'extinction est diagonale. Clivages faciles suivant $p(10\bar{1}1)$.

Fe^2Fl^6 (M. C. Poulenc), petits cristaux rhomboédriques vert pâle. Pour les trois angles pp (voir Cr^2Fl^6), on a trouvé les valeurs *91°54′, 91°44′ et 92°0′. Les macles sont celles du fluorure de chrome. Clivages faciles suivant p.

Pour le sesquifluorure d'aluminium, Henri Sainte-Claire Deville a trouvé l'angle du rhomboèdre égal à 88°30′ environ. On a ainsi pour ces trois sesquifluorures les angles pp suivants :

Cr^2Fl^6	92°56′
Fe^2Fl^6	91.54
Al^2Fl^6	91.30

Fluorure double. — $Cr^2Fl^6, 6KFl$ (M. C. Poulenc), petits octaèdres isotropes d'un beau vert. Les mesures ont donné pour l'angle de l'octaèdre des résultats variant de 109°49′ à 109°13′, calc. 109°28′.

AGRONOMIE. — *Bouillie anticryptogamique au savon de cuivre colloïdal.* Note de MM. V. **Vermorel** et E. **Dantony**, présentée par M. A. Müntz.

Dans deux Notes précédentes, sur les bouillies insecticides ou fongicides mouillantes [1], après avoir exposé ce qu'on pouvait attendre de l'abaissement de la tension superficielle des bouillies, nous avons insisté sur l'avantage qu'il y aurait à obtenir des bouillies pouvant recouvrir les plantes d'une couche préservatrice formant une enveloppe continue.

Jusqu'ici, la forme spéciale du fongicide (à l'état de précipité) était un obstacle sérieux à la formation de cet enrobement continu. Les composés cupriques colloïdaux ne présentent évidemment pas les mêmes inconvénients, mais leur concentration, trop faible, ne permettait pas de les envisager comme fongicide.

Aussi nous avons dû écarter le cuivre colloïdal de Brédig, trop peu concentré, très oxydable et coûteux.

La préparation de l'hydrate cuivrique, en présence d'un colloïde stable, gélatine par

[1] *Comptes rendus*, 12 décembre 1910, 3 avril 1911.

exemple, nous a permis de préparer des solutions colloïdales assez économiques, mais nécessitant une addition de savon pour mouiller.

Les tentatives faites, jusqu'à ce jour, dans le but de réunir cuivre et savon dans une même solution, sans formation de précipité, avaient échoué. M. Gastine signalait récemment ce fait [1], auquel il rémédiait par l'emploi d'émulsions de pétrole dues à la saponine.

Après de nombreux essais, nous avons réussi à obtenir des savons de cuivre à l'état colloïdal, à concentrations suffisantes pour l'emploi agricole.

Notre bouillie fongicide, aux savons de cuivre, se prépare de la façon suivante :

1° Dissoudre 500^g de sulfate de cuivre dans 50^l d'eau;

2° Dissoudre 2000^g [2] de savon, exempt d'alcali, dans 50^l d'eau. *A l'inverse de ce qu'on a toujours fait en pareille matière*, verser la solution cuprique dans la solution savonneuse.

En opérant ainsi, au lieu du précipité énorme et poisseux ordinaire des savons de cuivre, on a un liquide opaque, bleu verdâtre, d'une tension superficielle aussi faible que celle des solutions simples de savons alcalins, mouillant les grappes comme le ferait de l'alcool.

Ce liquide, dialysé et soumis à une différence de potentiel de 110 volts, se concentre à l'anode. Après une centrifugation de plusieurs heures, de même qu'après un repos de 5 mois, on n'observe aucune trace de dépôt. La tension superficielle reste constante.

Les savons de cuivre colloïdaux, par nous obtenus, se précipitent, après dialyse, sous l'influence des sels de métaux plurivalents surtout par les sels d'alumine. L'addition d'un colloïde stable, de même signe électrique, $\frac{1}{1000}$ de gélatine, par exemple, lui donne une stabilité suffisante pour résister à cette action précipitante dans les limites de la pratique.

Avant la dialyse, les précipitations, sous l'influence des électrolytes, ne se produisent pratiquement pas.

La formule ci-dessus s'entend pour l'eau de pluie. Pour les eaux chargées de sels de chaux, la quantité de savon doit être augmentée, mais, dans ce cas, les savons de chaux qui prennent naissance n'ont pas la forme grumeleuse habituelle, ils sont, au contraire, très ténus et ne sauraient, par conséquent, encrasser les pulvérisateurs.

On peut obtenir aisément des savons de cuivre plus concentrés, en opé-

---

(1) *Comptes rendus*, 27 février 1911.

(2) Quantité variable avec la pureté des savons.

rant à chaud et en tenant compte des proportions ci-dessus indiquées. Par le refroidissement, le savon de cuivre, englobé dans le savon alcalin en excès, se prend en masse. Cette matière solide, séchée et réduite en poudre, se dissout à chaud en donnant de nouvelles solutions colloïdales.

L'industrie pourrait donc, si l'efficacité de ces bouillies colloïdales aux savons de cuivre était démontrée, par des essais en grand, livrer à l'agriculture un produit tout prêt à l'emploi.

Nos expériences sur les savons d'argent, celles de MM. Lumière sur l'argent colloïdal nous permettent d'espérer que les savons colloïdaux de cuivre pourront rendre quelques services à la viticulture. Des essais avec des bouillies au savon de cuivre, renfermant de 100^{g} à 500^{g} de sulfate de cuivre par hectolitre, seront particulièrement intéressants à faire.

Les savons convenant pour ces préparations sont les savons blancs, aussi riches que possible en oléate de soude et ne contenant ni carbonate de soude, ni hydrates alcalins en excès.

Le stéarate de soude, qui se trouve en quantités notables dans presque tous les savons en poudre, rend difficile la préparation des savons de cuivre colloïdaux. D'une façon générale, le stéarate doit être proscrit de toutes les formules insecticides ou fongicides contenant du savon. Il résulte, en effet, de nos essais que sa présence amène une augmentation importante de la tension superficielle et une diminution du coefficient de solubilité.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des consonnes.* Note de M. **Marage**, présentée par M. d'Arsonval.

Une consonne est un bruit supra-laryngien qui précède ou suit la vibration aéro-laryngienne intermittente qu'on appelle *une voyelle*.

La parole articulée se trouve donc composée de deux sortes de vibrations très différentes : des vibrations intermittentes, les voyelles ; et des vibrations continues irrégulières non périodiques : les consonnes.

Je vais étudier aujourd'hui les consonnes au point de vue de leur classification et de leur durée.

Classification. — Pour établir une classification des consonnes, j'ai opéré de la façon suivante :

J'ai pris la photographie de chacune d'elles en ayant soin de faire dérouler le papier assez lentement (chaque ligne dure $\frac{1}{5}$ de seconde) de manière

à ne pas dissocier les vibrations; on obtenait ainsi la forme générale de la consonne. Il devenait alors facile de réunir ensemble les tracés qui avaient une certaine ressemblance. Tous les tracés se divisent immédiatement en deux grandes classes :

a. Les tracés en deux parties sont ceux des consonnes dans la formation desquelles la bouche et le nez interviennent; ce sont les nasales M, N, NG.

b. Les tracés en une partie sont ceux des consonnes qui se forment dans la bouche; ces tracés se subdivisent en trois catégories :

1° L'amplitude du tracé part de zéro pour augmenter peu à peu (F, S, J) : consonnes continues ;

2° L'amplitude du tracé est, d'emblée, maxima et s'atténue peu à peu (B, D, G; P, T, K) : consonnes explosives;

3° Le bruit se produit par saccades (L, R) : consonnes vibrantes.

Cette classification, d'après les tracés, correspond tout à fait à celle de certains grammairiens.

Durée. — Dans un mot, les consonnes ont, comme durée, une importance beaucoup moins grande que les voyelles; prenons pour exemple le mot *bonjour* prononcé correctement; si l'on prend comme unité la durée du son le plus court *r* ($\frac{1}{24}$ de seconde) :

b dure 1,5 fois plus; *on*, 15 fois plus; *j*, 2 fois plus; *ou*, 21 fois plus. Les voyelles durent donc environ 10 à 20 fois plus que les consonnes.

On s'explique alors pourquoi, dans le cas d'hypoacousie au début, certaines parties d'un mot sont moins bien entendues; tantôt ce sont les consonnes qui disparaissent, les premières, quand ce sont les centres auditifs correspondant aux bruits qui sont malades; tantôt, au contraire, ce sont les voyelles, quand ce sont d'autres centres qui sont lésés.

De plus, dans les otites scléreuses, l'audition des voyelles se maintient mieux, simplement parce que la voyelle dure plus longtemps et par conséquent peut mettre en branle l'oreille moyenne ankylosée.

Applications. — 1. Étant donné qu'une consonne n'est qu'un bruit commençant ou finissant une voyelle, il est logique, quand on apprend à lire aux enfants, de leur faire joindre dès la première leçon les voyelles aux consonnes : c'est la méthode qui correspond aux tracés photographiques; il résulte qu'avec ce procédé, qui du reste est employé et porte le nom de *Méthode Janicot*, les enfants apprennent en 3 mois ce que les autres, avec des procédés différents, apprennent en 1 an.

2. Il arrive que les élèves de chant donnent un coup de glotte au com-

mencement d'un exercice sur une voyelle, c'est-à-dire qu'ils laissent au début échapper l'air trachéal sous une pression trop forte qui écarte brusquement les cordes vocales.

Pour corriger ce défaut beaucoup de professeurs de chant font commencer l'exercice en appuyant la voyelle sur une consonne explosive, B par exemple. Le coup de glotte laryngien se trouve supprimé et remplacé par une petite explosive labiale qui a beaucoup moins d'importanee.

HISTO-PHYSIOLOGIE. — *Le neuroplasma est mobile.* Note de M. N.-A. **Barbieri**, présentée par M. Edmond Perrier.

Le neuroplasma est le contenu des cellules nerveuses, des prolongements nerveux et des nerfs.

Le neurosplama est fluide et mobile.

En effet, si l'on comprime fortement, avec une pince, l'extrémité d'un segment de nerf (optiques de bœufs, sciatiques de chevaux), il est facile de chasser des gaines de Schwann un contenu demi-liquide, demi-solide, laiteux, épais, très dense, d'une couleur blanc de neige. Ce contenu, ou neuroplasma, est chassé de la partie extrême du segment du nerf, tantôt sous la forme de toutes petites sphérules ou gouttelettes, tantôt sous la forme de tout petits cylindres dépourvus de conjonctif (gaines de Schwann).

La partie du nerf comprise entre les branches de la pince est le conjonctif.

Ce conjonctif est représenté par l'accolement des différentes gaines de Schwann, lesquelles enveloppent chaque cylindre de neuroplasma. Malgré la forte compression, les gaines neurales (gaines de Schwann) n'ont guère perdu leur forme tubulaire. On peut, par ces mêmes gaines neurales vides, chasser une nouvelle quantité de neuroplasma, si l'on exerce une pression également forte dans la partie extrême et normale du segment du nerf situé en amont des gaines neurales qui ont été accolées par la compression.

Par des compressions successives exercées toujours en amont de la dernière partie du nerf comprimé, on arrive à chasser de nouvelles quantités de neuroplasma.

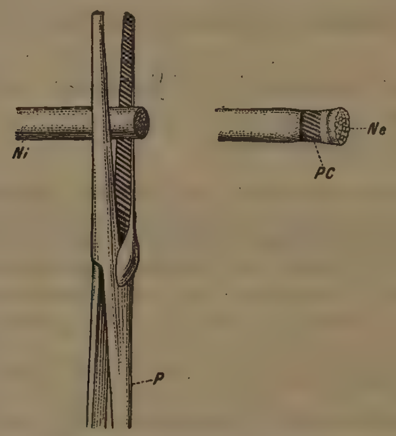
En opérant ainsi on peut vider presque complètement un segment de nerf de tout son neuroplasma et assister au cheminement successif de ce neuroplasma à travers les différentes zones de compression.

L'examen histologique des parties comprimées a montré qu'elles étaient formées dans leur totalité par des gaines neurales.

Le neuroplasma, pour ainsi dire extravasé, présente au microscope (mélange osmio-bichromate) le même aspect qu'il présente lorsqu'on étudie

die un tube nerveux (¹) parfaitement isolé (mélange osmio-bichromate).

Les segments de nerf frais, laissés quelque temps dans l'alcool, le formol, la pyridine, les solutions de sublimé ou de sels d'arsenic, soumis à la même pression ci-dessus décrite, n'abandonnent pas la moindre trace de neuroplasma. Le neuroplasma, par ces différents agents, communément appelés *fixateurs*, est coagulé et passe de l'état demi-liquide, demi-solide à l'état solide et fibrillaire. Même le neuroplasma extravasé, soumis à l'action de l'alcool et du formol et coloré ensuite par les substances colorantes, les plus généralement employées en histologie, prend la forme fibrillaire.



Manière de comprimer un segment du nerf frais.
Ni, Nerf normal; *P*, Pince; *PC*, Partie du nerf comprimé; *Ne*, Neuroplasma extravasé.

Cette même forme fibrillaire se présente lorsque le neuroplasma extravasé est soumis à l'action du nitrate d'argent.

Ainsi toutes les images obtenues après avoir, comme on dit, fixé le tissu nerveux dans l'alcool, le formol, le sublimé, les sels d'arsenic, doivent être considérées comme erronées.

Des segments de nerfs frais, laissés quelque temps au contact de l'eau distillée, à peine chloroformée, des solutions d'acides faibles ou d'alcalis faibles, des solutions de chlorures sulfates et carbonates alcalins, ne perdent pas la propriété de laisser extravaser le neuroplasma, s'ils sont soumis à une pression très forte.

(¹) *Comptes rendus*, 3 juin et 17 juin 1907.

Ces nouvelles recherches confirment les résultats annoncés à Bruxelles ([1]) à l'occasion du II[e] Congrès fédératif des Anatomistes, à Vienne à l'occasion du VIII[e] Congrès international de Physiologie ([2]), et à Londres à l'occasion du VII[e] Congrès international de Chimie ([3]).

ENTOMOLOGIE. — *La lutte contre les chenilles xylophages de la Zeuzère* (Zeuzera pyrina *L.*) *dans les forêts de chênes-lièges.* Note de M. **Pierre Lesne**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Il y a quelques années, on constatait dans les forêts de chênes-lièges du massif de l'Edough (département de Constantine) un dépérissement des arbres qui se manifestait par le desséchement partiel de la cime et même par la mort des jeunes sujets. En certains cantons, la proportion des arbres attaqués était très élevée.

Appelé par la Société anonyme des lièges de l'Edough à rechercher la cause du mal et le moyen de l'enrayer, nous reconnûmes que le principal déprédateur était un Lépidoptère hétérocère, le *Zeuzera pyrina* L., dont la chenille creusait le tronc et les branches des arbres en pleine vigueur. Dans une Note publiée ici-même ([4]), nous avons défini le caractère des dégâts causés par cette chenille.

Au moment où la même espèce envahit les forêts du département d'Alger, il nous paraît utile de faire connaître les procédés de destruction, aujourd'hui consacrés par trois années d'expérience, qui ont permis de combattre efficacement la Zeuzère dans l'Edough.

Les chênes attaqués par la Zeuzère se reconnaissent aisément : 1° à la présence, au-dessous de l'orifice de chaque galerie, d'une tache brune arrondie pouvant atteindre la largeur de la paume de la main; cette tache est due à l'écoulement de la sève;

([1]) Vereinigter internationaler Anatomen-Kongress : Brüssel, 7-11 August 1910. 24. Versammlung der anatomischen Gesellschaft; 12[e] Réunion de l'Association des Anatomistes ; Meeting of the American Association of Anatomist ; Meeting of the Anatomical Society of Great Britain and Ireland. Im *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft*, 1910, p. 145-176 : N.-A. Barbieri, *La circulation nerveuse neuroplasmatique*.

([2]) VIII. Internationaler Physiologen-Kongress : Wien, 27-30 September 1910. — N.-A. Barbieri, *On the nerv circulation by means of nervous tubes*.

([3]) *The proceedings of the seventh international Congress of applied Chemistry*. London, Mai 27[th] to June 2[nd] 1909. — N.-A. Barbieri, *The chemical composition of the nervous system*.

([4]) P. Lesne, *Sur un Lépidoptère hétérocère* (Zeuzera pyrina *L.*) *nuisible au chêne-liège en Algérie* (*Comptes rendus*, 2 mars 1908).

2° à la présence sur le sol, au-dessous de l'orifice de chaque galerie, d'un petit amas d'excréments rejetés par la chenille; 3° au dessèchement partiel de la cime, lorsque l'arbre est atteint depuis un certain temps.

La tache produite par l'écoulement séveux est particulièrement apparente et caractéristique. Lorsqu'elle est très humide et comme mouillée, elle décèle presque à coup sûr la présence de la chenille dans la galerie correspondante.

Dans nos premiers essais de traitement des arbres, nous injections à l'aide d'une seringue, dans les galeries habitées, un volume de 6^{cm^3} à 8^{cm^3} de sulfure de carbone pur ou additionné au vingtième de créosote de hêtre. L'orifice était aussitôt après luté avec du plâtre ou, plus commodément, avec de l'argile. Mais l'obligation de diriger le jet suivant la galerie principale, c'est-à-dire de bas en haut, amenait l'écoulement d'une grande partie du liquide au dehors, avant que l'orifice ait pu être obturé. Néanmoins, plusieurs des arbres ainsi traités ayant été abattus une huitaine de jours après l'opération et leur tronc ayant été fendu, nous constations chaque fois la mort des chenilles à l'intérieur des galeries ayant reçu l'injection.

Pour obvier aux inconvénients que présentait l'injection, nous fîmes alors fabriquer des capsules de sulfure à enveloppe gélatineuse et de forme longue et effilée, capables d'être facilement introduites dans les galeries. L'expérience montre qu'il suffit d'un laps de temps de 24 heures pour que la capsule ainsi disposée et isolée de l'extérieur par le bouchon d'argile, ait son enveloppe dissoute et pour que la chenille soit tuée. Ce résultat est obtenu grâce à l'état d'humidité constante des parties de la galerie voisines de l'orifice. Dans des cas assez rares, l'existence d'un bourrelet ligneux de nouvelle formation autour de l'orifice, oblige à agrandir celui-ci à l'aide d'une serpette pour permettre l'introduction de la capsule.

On pouvait se demander si le sulfure de carbone, mis ainsi en contact avec les tissus de l'arbre, n'avait pas une influence fâcheuse sur la végétation. Au mois d'août 1907, nous avions marqué un certain nombre d'arbres ayant reçu des injections de sulfure. Nous les avons retrouvés en excellent état en octobre 1908. En particulier, l'un d'eux, qui n'avait pas reçu moins de six injections, était couvert d'une belle frondaison et la circonférence de la portion démasclée de son tronc avait passé, dans l'intervalle des 14 mois, de 41^{cm} à $42^{cm},75$. L'emploi des capsules, pratiqué depuis sur une large échelle, n'a jamais donné de mécomptes à cet égard.

Ainsi les capsules de sulfure de forme appropriée permettent de lutter d'une manière pratique et efficace contre les chenilles de Zeuzères vivant dans les parties facilement accessibles de l'arbre, tronc et branches princi-

pales. Quant aux menues branches, elles aussi fréquemment attaquées par la Zeuzère; on les supprime par l'élagage, en ayant soin de badigeonner les sections vives au coaltar, afin de parer dans une certaine mesure à l'invasion subséquente d'autres xylophages, tels que le *Cerambyx Mirbecki* Luc. (Coléoptère longicorne).

La Société des lièges de l'Edough n'ayant rien négligé pour que le traitement institué par nous fût appliqué d'une manière générale dans son exploitation, aujourd'hui, après trois années de mise en pratique, l'invasion de la Zeuzère paraît être complètement enrayée. L'exemple donné a fait des adeptes et le traitement est en voie de se généraliser dans la région.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *L'embryogenèse provoquée chez l'œuf vierge d'Amphibiens par inoculation de sang ou de sperme de Mammifère. Parthénogenèse traumatique et imprégnation sans amphimixie.* Note de M. E. **Bataillon**, présentée par M. Yves Delage.

Avec l'œuf de *Bufo*, j'ai prouvé de façon péremptoire l'apport substantiel qui se superpose au traumatisme dans la parthénogenèse des Amphibiens. L'embryogenèse obtenue sur ce matériel avec le sang de Grenouille est un gros argument, non seulement contre toute idée de spécificité, mais contre toute hypothèse de karyogamie, puisque la conjugaison du pronucleus mâle de Grenouille, dans l'amphimixie croisée, condamne les ébauches à l'avortement. Mais la démonstration expérimentale se renforce singulièrement si nous empruntons l'élément actif aux animaux à sang chaud.

De nombreuses opérations avec le sang de Cobaye m'avaient donné des résultats positifs chez *Rana fusca*, mais la fin de la saison est moins propice au contrôle. Il semble qu'après stagnation dans l'utérus les œufs soient plus largement envahis par les éléments du milieu intérieur : car, malgré toutes les précautions, les témoins piqués me donnaient toujours quelques développements.

Ici encore, l'œuf de *Bufo* [1] va servir de criterium. Mais nous élargirons notre cadre avec l'hypothèse qu'une pulpe élémentaire quelconque peut fournir les mêmes résultats. Aux essais avec le sang, nous en joindrons d'autres, avec la pulpe de rate ou une trituration testiculaire fourmillant de spermatozoïdes.

---

[1] Les expériences qui suivent, faites d'abord sur les œufs de *Bufo vulgaris*, ont été répétées avec le même succès sur ceux de *Bufo calomita*.

Dans cinq expériences successives (dont le détail sera donné ailleurs), le stock d'une même femelle était réparti sur une quinzaine de lots comprenant chacun environ 200 œufs. En plus du sang, je tirai d'un Mammifère (soit le *Cobaye*, soit le *Rat*) 2 pulpes : rate et testicule. Un Poisson (*Carpe* ou *Brochet*) fournissait également du sang et un liquide testiculaire. J'utilisais simultanément le sang de *Bufo*, et deux récipients témoins étaient traités par la simple piqûre. *Tous les lots humectés rapidement et légèrement des fluides énumérés ci-dessus m'ont donné, après piqûre, au minimum* 10 *à* 15 *pour* 100 *et, dans certains cas, jusqu'à* 60 *pour* 100 *de belles morulas. J'ai compté en moyenne* 5 *pour* 100 *de bouchons d'Ecker.* Il est très difficile de pousser à bout l'embryogenèse à cause de l'infection inévitable avec un développement lent. *En isolant les ébauches, j'ai obtenu un bon nombre d'embryons bien conformés,* mais aucun n'a pu jusqu'ici arriver à la première métamorphose. Comme toujours, *les témoins piqués n'ont pas fourni un seul clivage régulier, pas une seule gastrulation.*

Aussi, non seulement le principe accélérateur venu du milieu n'est pas spécifique, non seulement il n'est pas propre aux éléments sanguins des animaux à sang froid, puisqu'on peut utiliser un Mammifère, mais ce principe actif paraît banal et répandu dans les tissus les plus divers.

Mais l'expérimentation n'est qu'une voie détournée pour appuyer la non intervention du matériel étranger dans l'équilibre chromatique des cinèses normales et effectivement parthénogénésiques.

L'étude cytologique est en effet d'une difficulté inouïe et n'a pu être ébauchée jusqu'ici que sur les œufs de *Rana fusca* recueillis l'an dernier.

J'ai vu, à la première division, au contact de blocs chromophiles, un système d'asters, étranger à la figure bipolaire du pronucleus femelle divisé.

J'ai retrouvé, à la deuxième division sur l'un des segments, des asters plus faibles répondant aussi à la traînée de piqûre, et respectant le rythme régulier des cinèses. Mais on objectera toujours qu'avec les irrégularités du développement rien n'indique le sort ultérieur des éléments étudiés. Voici une observation plus significative. Parmi les divisions anormales qui condamnent une ébauche à l'avortement, arrêtons-nous sur les divisions précoces en 3. Une dizaine d'œufs, soigneusement repérés, donnent des morulas partielles : *l'un des trois segments n'a pas évolué, et c'est celui qui correspond à la piqûre.* On conçoit qu'un système astérien assez puissant isole un territoire sans noyau *vrai*, un *cytoblastomère, les deux autres segments répondant à la division typique, celle du pronucleus femelle* (¹).

(¹) Je glisse sur les complications, sur les divisions simultanées en 4, et autres plus irrégulières. Une analyse grossière sépare immédiatement les *clivages précoces* et les *clivages tardifs*. Et parmi les premiers on distinguera : 1° ceux qui répondent à des cinèses bipolaires bien équilibrées (*ils sont minorité et compatibles avec la morphogenèse*); 2° ceux qui répondent à des cinèses pluripolaires ou à la séparation de cytoblastomères.

Tels sont, avec le nombre réduit des chromosomes, les faits morphologiques qui confirment provisoirement les résultats expérimentaux.

Mais quelle est la nature du principe actif inoculé par le stylet? Jusqu'ici, le plasma sanguin s'est montré inactif, comme le sérum et même le sang laqué; et il semble bien que je n'introduise ce principe actif que par le véhicule d'un élément figuré. Ceci n'exclut pas l'*hypothèse d'un catalyseur* que le stylet traversant une gangue ne saurait apporter en quantité voulue pour fournir un travail donné dans un temps relativement court.

Certains faits méritent d'être soulignés :

1° *La laitance de Carpe chauffée un quart d'heure ou une demi-heure à 45° active nettement les œufs, bien que ses éléments soient complètement inertes.*

2° Le processus qui, après simple piqûre, se déroule tardivement avec des asters faibles, apparaît beaucoup plus tôt après inoculation, et avec les centres hyaloplasmiques puissants; il répond à la définition des phénomènes catalytiques.

3° *L'intensité de l'accélération est variable.* Les divisions précipitées que j'ai déjà signalées pour le sang de Poisson sont plus frappantes encore avec le sperme du même type. Dans mes expériences sur les œufs de Crapaud, elles se dessinent trois quarts d'heure ou une heure plus tôt qu'avec le sang de Bufo et se succèdent avec une grande rapidité; de là un émiettement souvent anormal et une abondance de morulas abortives.

Dans l'ordre des idées mises en avant par Delage et en tenant compte du développement des asters hyaloplasmiques, on songerait à une *plasmase;* si, dans la voie ouverte par Locle, on s'attache aux processus d'oxydation, on pourra faire intervenir une *catalase.*

C'est le domaine de l'hypothèse.

Mais les données acquises, et en particulier l'emploi du sperme de Poisson ou de Mammifère, imposent un rapprochement. *L'imprégnation sans amphimixie n'est qu'un cas particulier du processus accélérateur déterminé sur l'œuf par l'introduction spontanée ou expérimentale d'une cellule étrangère.* Dans la fécondation pure ou croisée, l'amphimixie est une condition spéciale surajoutée à ce *processus général.*

C'est ainsi que, chez les Amphibiens, *l'inoculation brutale d'un spermatozoïde étranger, incapable de soudure, devient un procédé courant de parthénogenèse*, et la généralisation qui précède enlève à la formule son allure paradoxale.

A la base de la *parthénogenèse traumatique*, j'ai isolé la *réaction initiale* avec ses conséquences, uniformes malgré la variété des tactismes mis en jeu. *Le deuxième facteur exclut, lui aussi, toute spécificité. C'est l'inoculation à l'œuf vierge d'un principe accélérateur non seulement « commun à tous les spermes », mais banal par la variété des tissus susceptibles de le fournir.*

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'acidité originelle du lait.* Note [1] de MM. **Bordas** et **Touplain**, présentée par M. d'Arsonval.

De nombreux travaux ont été publiés au sujet de la réaction du lait, et pour beaucoup d'auteurs le lait frais est amphotère, c'est-à-dire qu'il a à la fois une réaction alcaline et une réaction acide.

Vaudin, dans son travail [2] sur la constitution du lait, a montré qu'en traitant le lait par de l'alcool, par de la présure, ou par filtration dans un vase poreux, le petit lait ou le sérum obtenus a une acidité moindre que le lait entier.

Vaudin conclut que la réaction acide du lait est due *principalement* aux matières protéiques qu'il contient et que les variations d'acidité qui se produisent dans le cours de la lactation dépendent des modifications survenues *simultanément* dans la nature et les proportions relatives des diverses matières protéiques et des éléments du lait.

Nous avons été amenés, dans l'étude sur la constitution du lait que nous poursuivons depuis de nombreuses années, à reprendre cette question si complexe et si controversée de l'origine de l'acidité initiale des laits.

Nous insisterons tout d'abord sur l'importance du choix de l'indicateur à employer.

Nous voyons en effet que les laits ont :

1° Une réaction alcaline en présence d'hélianthine ou de lackmoïde ;

2° Une réaction dite *amphotère* en présence de tournesol ;

3° Une réaction acide en présence de phtaléine du phénol.

Pour étudier la réaction du lait, la phtaléine du phénol est l'indicateur le mieux approprié.

Nous avons examiné successivement les éléments solubles et insolubles en précipitant plusieurs portions de 10^{cm^3} de lait par le réactif alcool à 65° acétique au $\frac{1}{1000}$ que nous avons indiqué dans une Note précédente [3].

Ce réactif, tel qu'il est employé, ne dissout aucun des sels insolubles du lait. Le lavage du coagulum a été fait avec de l'alcool à 50°.

Nous avons donc pu examiner l'acidité :

1° Du lactosérum ; 2° du coagulum (beurre-caséine) contenant les sels insolubles ; 3° de la caséine et des sels insolubles ; 4° de la caséine pure.

---

(1) Présentée dans la séance du 1er mai 1911.

(2) Vaudin, *Sur la constitution du lait* (*Bulletin de la Société chimique*, 1892).

(3) Bordas et Touplain, *Comptes rendus*, avril 1905.

Les titrages ont été faits soit directement, pour le lactosérum, par de la soude $\frac{N}{10}$, soit par rétrotitrage pour les matières solides au moyen de la soude $\frac{N}{10}$ et de l'acide $SO^4H^2\frac{N}{10}$. Nous avons d'autre part déterminé l'acidité de 10^{cm^3} de lait en expérience et en réactifs employés.

Voici les résultats que nous avons obtenus : l'acidité étant exprimée en centimètres cubes de soude $\frac{N}{10}$ on a pour :

	cm³
10^{cm^3} de lait pur	1,5
Réactifs (alcool 65° acétique et alcool de lavage)	6,0
Lactosérum	6,0
Coagulum (beurre, caséine, sels insolubles)	1,6
Caséine débeurrée et sels insolubles	1,6

Nous voyons, d'après ce Tableau, que l'acidité initiale du lait se retrouve intégralement sur la caséine et les sels insolubles.

Si nous examinons de plus près la caséine contenant les sels insolubles $\left(\text{acidité } 1^{cm^3},6 \text{ en NaOH}\frac{N}{10}\right)$ nous constatons que :

En la traitant par une solution aqueuse acétique à 3 pour 1000 et en lavant ensuite la caséine avec de l'eau, nous obtenons une caséine déminéralisée et nous observons les acidités suivantes en soude $\frac{N}{10}$:

	cm³
Réactifs employés (sol. acétique à 3 pour 100 et H^2O de lavage).	22,5
Liquides recueillis après traitement de la caséine	21,5

La dissolution des sels minéraux contenus dans la caséine, après traitement à l'acide acétique, n'augmente donc pas l'acidité des réactifs employés; au contraire, nous constatons une perte en acide acétique correspondant à $22^{cm^3},5 - 21^{cm^3},5 = 1^{cm^3}$ de NaOH $\frac{N}{10}$.

Nous avons cherché d'où provenait cette perte et nous avons constaté que la caséine, après le traitement à l'acide acétique, avait augmenté d'acidité d'une quantité absolument égale à celle de l'acide acétique disparu; cette augmentation provient de la caséine déplacée du caséinate de chaux. L'acide acétique disparu se retrouve, comme nous l'avons vérifié, en solution à l'état d'acétate de chaux.

En tenant compte, dans cette expérience, de l'acidité de la caséine déminéralisée, on en déduit que la caséine libre préexistant dans le lait a une acidité qui correspond à celle du lait.

Ces résultats ont été confirmés en filtrant du lait sur bougie Berkefeld. Pendant tout le temps que le liquide filtré est optiquement vide l'acidité est nulle, mais nous avons mesuré une légère acidité lorsque l'ultramicroscope nous a révélé des corps en suspension (matières albuminoïdes).

En résumé les divergences d'opinion, qui existent entre les différents savants qui ont étudié la constitution du lait, résident uniquement dans l'emploi d'indicateurs qui ne répondait pas aux conditions expérimentales voulues.

L'acidité originelle d'un lait, en utilisant la phtaléine, démontre que cette acidité est exclusivement due à la caséine libre. L'expérience montre dans ces conditions aussi qu'il n'existe au début dans le lait aucun acide libre, lactique, citrique, ni aucun sel à fonction acide.

Cette constatation peut fournir, lorsqu'on se place toujours dans les mêmes conditions, des données intéressantes pour la recherche du mouillage.

Enfin, par suite de la fermentation du lactose, l'acidité du lait augmente du fait de la caséine déplacée du caséinate de chaux, ainsi que du phosphate monocalcique formé par l'action de l'acide lactique sur le phosphate bicalcique préexistant dans le lait.

L'acidité lactique n'apparaît à l'hélianthine qu'après avoir réagi sur les sels précités.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Propriété glycogénique de la dioxyacétone.* Note de M. St. Mostowski, présentée par M. L. Maquenne.

Le rôle des trioses dans l'économie animale n'a pas encore été étudié à ma connaissance. Un des deux trioses, la dioxyacétone, est relativement facile à obtenir par la méthode de M. G. Bertrand [1]. Étant donnée sa constitution chimique, qui la rapproche à la fois de la glycérine et des glucoses, on pouvait supposer que son étude physiologique fournirait d'intéressantes données.

J'ai commencé cette étude par la recherche du pouvoir glycogénique. Les résultats de mes expériences font le sujet de la présente Note.

La dioxyacétone dont je me suis servi était préparée par la méthode de M. G. Bertrand et se présentait sous l'aspect d'une poudre blanche, cristalline. En ajoutant un peu

---

[1] G. Bertrand, *Comptes rendus*, t. 126, 1898, p. 842-844 et p. 984-986.

d'eau à cette poudre, on obtient une sorte de pâte ; c'est avec cette pâte qu'on a gavé des poules, tenues préalablement à jeun pendant 4 ou 5 jours. La marche des expériences était calquée sur les expériences classiques d'Otto-Voit (1). La quantité de substance utilisée pour une expérience était de 30^{g}, 50^{g} et, dans les deux dernières expériences, 60^{g} et 61^{g} de dioxyacétone. Les poules étaient tuées 7 heures et demie à 8 heures après l'ingestion du sucre. Pour le dosage du glycogène dans le foie et, d'autre part, dans 100^{g} de muscles, je me suis servi de la méthode de Pflüger (2). Dans chaque essai, une poule placée exactement dans les mêmes conditions servait de contrôle.

Le glucose obtenu par l'hydrolyse du glycogène était dosé par la méthode de M. G. Bertrand (3). Dans le cas où la quantité de glycogène était suffisante, on faisait parallèlement le dosage polarimétrique du glycogène. La concordance des chiffres obtenus d'après ces deux méthodes, ainsi que le pouvoir rotatoire du sucre résultant de l'hydrolyse du glycogène, prouvaient que la substance analysée était le glycogène ordinaire donnant du glucose par hydrolyse.

Voici les résultats des expériences :

			Poids		Glycogène			Glycogène	
Quantité de dioxyacétone administrée.	Poids des animaux (poules).	Durée du jeûne.	des animaux après le jeûne.	du foie.	du foie d'après le pouvoir réducteur (en gr.).	par la méthode polarimétrique.	Pourcentage du glycogène dans le foie.	contenu dans les muscles (en gr.).	total par kilog. de poids d'animal après le jeûne.
Témoin...	1810	4	1550	27,5	0,013	»	0,047	0,066	0,051
29^{g},5.....	1907	4	1666	29,5	0,982	»	3,33	0,398	0,828
Témoin...	1880	4	1719	26,1	0,043	»	0,165	0,181	0,130
50^{g}.......	1667	4	1506	28,6	2,123	2,148	7,42	0,774	1,924
60^{g}.......	1687	5	1495	39,8	3,426	3,67	8,61	0,267	2,47
Témoin...	1667	5	1438	29,5	0,297	»	1,00	0,145	0,308
61^{g}.......	1122	5	960	26,5	1,700	1,82	6,41	0,403	2,19
Témoin...	1164	5	1015	14,9	0,012	»	0,08	0,149	0,226

Ces quatre expériences montrent une assez forte accumulation de glycogène dans le foie. On en trouve 0^{g},98, 2^{g},14, 3^{g},4, 1^{g},8, tandis que le foie des animaux témoins n'en renferme que 0^{g},013, 0^{g},043, 0^{g},297, 0^{g},012.

Dans les muscles, je n'ai constaté que des traces de glycogène.

Dans toutes les expériences, je dosais le sucre non absorbé ou excrété pendant la durée des expériences. Je préparais pour cela un extrait alcoolique des matières fécales et des intestins avec leur contenu. Après l'éva-

(1) Carl Voit, *Zeitsch. f. Biologie*, Bd. XXVIII, 1891, p. 243.

(2) *Pflügers Archiv*, t. CXIV, 1906, p. 231.

(3) G. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 1285.

Ces expériences montrent que les sels de manganèse ont exercé une action favorable, comparable à celle du phosphate de potasse; l'action est plus prononcée lorsqu'on ajoute le sel au liquide de macération (tubes 1 et 2) qu'au liquide témoin (1 *bis*, 2 *bis*). Il convient d'ajouter que les tubes à nitrate de manganèse donnaient encore un dégagement abondant de gaz quand les autres étaient pour ainsi dire arrêtés, au moment de l'analyse.

On voit en outre que l'état de la levure, au moment de la soumettre à la dessiccation, a une grande importance; il en est de même de la température de macération. M. Lebedeff ne me semble pas avoir suffisamment précisé ces deux facteurs ni dans sa Note du 3 janvier à l'Académie, ni dans sa communication du 27 janvier à la Société chimique de France, seules données connues à la date du 3 avril. Ces deux facteurs expliquent les nombreux résultats négatifs trouvés par moi-même et par d'autres expérimentateurs.

Des lots de la même levure abandonnés plus ou moins longtemps donnent, après dessiccation et macération, des sucs d'activité très variable.

J'ai obtenu les sucs les plus actifs avec de la levure de bière abandonnée au préalable jusqu'à 35 ou 40 heures à 25°; la levure, ensuite desséchée et macérée avec 3 parties d'eau, donne des liquides qui, filtrés et mis avec du sucre (60 pour 100), montrent le dégagement gazeux souvent après 5 minutes.

La nature de la levure a également son importance; ce point, comme bien d'autres dans l'obtention du suc Lebedeff, reste encore à éclaircir. Mais ce sera toujours le mérite de ce savant d'avoir ouvert une voie nouvelle pour l'étude des sécrétions microbiennes.

M. **W. de Fonvielle** adresse une Note intitulée : *Astronomie cométaire. Quelques arguments nouveaux en faveur de la théorie de Fontenelle.*

La séance est levée à 4 heures et demie.

G. D.